

Trabajo de Fin de Máster

Máster oficial en Sistemas de Energía Térmica

Estudio del consumo de energía en cruceros. Análisis de la gestión de la energía y consumo de combustible

Autor: Juan Cuenca Petit

Tutor: José Guerra Macho

Dpto. Ingeniería Energética
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2018



Trabajo Fin de Máster
Máster Oficial en Sistemas de Energía Térmica

Estudio del consumo de energía en cruceros. Análisis de la gestión de la energía y consumo de combustible

Autor:

Juan Cuenca Petit

Tutor:

José Guerra Macho

Catedrático de Universidad

Dpto. de Ingeniería Energética

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2018

Proyecto Fin de Carrera: Estudio del consumo de energía en cruceros. Análisis de la gestión de la energía y consumo de combustible

Autor: Juan Cuenca Petit

Tutor: José Guerra Macho

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2013

El Secretario del Tribunal

A mi familia

A mis maestros

Resumen

En el presente trabajo se hace en primer lugar un estudio del marco nacional e internacional de la industria naval y del transporte marítimo, para dar a entender la importancia del sector en la economía y desarrollo mundial. Posteriormente se entra a analizar los diferentes sistemas que consumen energía en un buque y cómo se gestiona dicha energía. Finalmente se analiza un caso concreto de un buque crucero para poder hacer cálculos sobre un diseño específico.

Abstract

The aim of this document is to analyze the national and international naval industry and maritime transport framework, in order to give a meaning to the value of this sector in world economy and development. Subsequently different systems that consume energy in a ship and how that energy is managed are analyzed. Finally, a case of a cruise ship is analyzed to be able to make calculations on a specific design.

Resumen	vii
Abstract	viii
Índice	ix
Índice de Tablas	xi
Índice de Figuras	xii
1 Introducción	15
1.1 <i>Introducción</i>	15
1.2 <i>Objetivos</i>	15
1.3 <i>Industria Naval</i>	16
Proceso industrial del buque	16
La construcción naval en el mundo	18
La construcción naval en España	20
1.4 <i>Transporte marítimo</i>	23
Situación económica mundial	23
Tráfico marítimo mundial	25
Estructura de la flota mercante mundial	27
2 Energía en buques	30
2.1 <i>Propulsión. Sistema principal de consumo de energía</i>	30
Predicción de potencia. Estimación de la resistencia al avance	30
Tipos de propulsión	31
2.2 <i>Planta propulsora. Equipos y sistemas auxiliares</i>	35
Sistema de combustible	35
Sistema de purificación y trasiego	36
Sistema de alimentación de combustible	37
Sistema de lubricación	38
Sistema de agua de refrigeración	38
Sistema de generación de agua dulce	39
Sistema de vapor	40
Sistema de aire comprimido	44

Sistemas de exhaustación	46
Ventilación de cámara de máquinas	46
2.3 Consumo de combustible	48
Tipos de combustible	49
Potencia instalada	50
Consumo específico de combustible	53
Emisiones de gases de efecto invernadero	55
2.4 Equipos y servicios generales del buque	56
Equipos de fondeo amarre y remolque	56
Equipos de salvamento	57
Equipos de gobiernos y maniobra	57
Equipos de navegación y comunicaciones	59
Equipos de ventilación, extracción, calefacción y aire acondicionado	61
Servicio de sentinas	63
Servicio de lastre	64
Servicio de baldeo y contraincendios	64
Servicio de agua sanitaria	65
Servicio de agua grises y negras	66
2.5 Planta eléctrica	67
Introducción	67
Balance eléctrico	68
Definición de la planta	70
3 Crucero MS World Explorer	72
3.1 Introducción a los buques crucero	72
3.2 Características principales del MS World Explorer	76
3.3 Planta propulsora	81
Motores principales	81
Consumo de combustible. Cálculo de autonomía	84
3.4 Balance eléctrico	86
4 Conclusiones	91
Conclusiones	91
5 Bibliografía	94
6 Anexos	95

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Actividad de la industria naval en España	22
Tabla 2 Crecimiento del volumen del comercio de mercancías 2013-2016	25
Tabla 3 Plantas de vapor en buques crucero	44
Tabla 4 Tipos de combustibles marinos	50
Tabla 5 Proporción de potencia instalada en MPs y MAs por tamaño de buque	51
Tabla 6 Clasificación de la flota por potencia instalada de MPs	51
Tabla 7 Clasificación de la flota por potencia instalada de Mas	52
Tabla 8 Potencia propulsora y de motores generadores por tipo de buque en kW	52
Tabla 9 Potencia propulsora y de motores generadores de la flota mundial	53
Tabla 10 Consumos específicos por tipo de buque	53
Tabla 11 Evolución del consumo específico en motores semirápidos	54
Tabla 12 Consumos específicos de referencia por tipo de buque	55
Tabla 13 Renovaciones hora de referencia por tipo de espacio	63
Tabla 14 Flujo de gases de escape en función del nivel de carga	82
Tabla 15 Cálculo del calor aprovechable de los gases de escape	83
Tabla 16 Resumen del balance eléctrico	87
Tabla 17 Potencia instalada en el MS Wolrd Explorer	88
Tabla 18 Distribución de potencias en función de la situación de navegación	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Contratación de construcción de buques en el mundo	18
Figura 2 Entregas de buques construidos en el mundo	19
Figura 3 Contratación de construcción de buques crucero en el mundo	20
Figura 4 Contratación de construcción de buques en España	21
Figura 5 Entregas de buques en España	22
Figura 6 Actividad ponderada de la industria naval en España	23
Figura 7 Índice de producción industrial de la OCDE e índices mundiales de PIB, comercio de mercancías y tráfico marítimo	24
Figura 8 Comercio marítimo mundial en millones de toneladas de carga	26
Figura 9 Comercio marítimo mundial por tipo de economía (% del tonelaje mundial)	26
Figura 10 Crecimiento anual de la flota mundial. Variación porcentual anual	27
Figura 11 Flota mundial por principales tipos de buque. Porcentaje del TPM	28
Figura 12 Flota mundial por tipos de buque. En porcentajes de TPM y del valor en dólares	29
Figura 13 Esquema ejemplo de motor propulsor de línea de ejes	32
Figura 14 Esquema de sistema propulsor diésel-eléctrico	33
Figura 15 Sistema de generación de agua dulce	40
Figura 16 Evolución de parámetros de motores Wartsila	54
Figura 17 Motores laterales de proa	58
Figura 18 Desglose de fuerzas en aletas estabilizadoras	59
Figura 19 Espiral de fases de diseño y construcción de buques	73

Figura 20 Clasificación de los destinos que más pasajeros de cruceros reciben	74
Figura 21 N° de pasajeros que viajan en crucero anualmente clasificados por países	74
Figura 22 Clasificación de cruceros por n° de camas	75
Figura 23 Distribución de la capacidad de pasaje por empresas navieras	75
Figura 24 Distribución de pasajeros y tripulantes en función del tamaño en cruceros	76
Figura 25 Alzado y perfil del Rolls-Royce C25:33L6P	81
Figura 26 Representación del sistema de exhaustación y chimenea de escape	83
Figura 27 Consumo específico en función del régimen y la carga	84

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Introducción

La industria naval a día de hoy sigue siendo un sector fuerte a nivel mundial. Durante el año 2017 se contabilizaron en el mundo algo más de 1500 nuevos contratos de nueva construcción equivalentes a 23,5 millones de CGT. Supusieron un incremento interanual de en torno a un 70%, aunque se mantuvieron moderadamente por debajo de la media de contratación de los últimos 5 y 10 años.

El sector que registró los mejores comportamientos fue el de los buques de pasaje, en nuevas contrataciones el importe global ascendía a los 21.400 millones de dólares. Otros sectores como los portacontenedores y los graneleros también obtuvieron mejoras pero algo más leves. Por otro lado, los buques offshore y los buques tanque siguieron sufriendo, debido a que son dos sectores con un mercado muy sobreofertado.

China continuó liderando este último año la contratación mundial de buques, con una cuota de mercado en CGT del 33,0%. Corea del sur fue la potencia que más incrementó las contrataciones, triplicando las CGT registradas frente al 2016. Mientras que Japón siguió mostrando importantes signos de debilidad, obteniendo un volumen de contratos inusualmente bajos.

Por lo general, en Europa se registraron mejores resultados que la media mundial, llegando a un total de 392 nuevos contratos, que supusieron 4,6 millones de CGT, de las cuales el 80,8% correspondieron a astilleros de países de la Unión Europea. El importe total de dicho contratos fue de 22.000 millones de dólares, un 17,6% más que el valor registrado el año anterior y lo que supuso alrededor del 35% del importe mundial contratado durante todo el año.

La unión europea continuó liderando la contratación en sectores como el de los buques crucero, con una cuota de mercado mundial del 94,8%, el de los grandes yates con el 94,0%, el de los buques oceanográficos con el 44,1%, o el de los buques para la industria pesquera con el 30,7% de las CGT contratadas en todo el mundo.

Analizando las entregas de buques contratados, durante el 2017 se entregaron en todo el mundo 2590 buques en total, equivalentes a 36,7 millones de CGT, siendo un 4,8% menos de las contabilizadas durante el año 2016.

1.2 Objetivos

El principal objetivo del presente proyecto es hacer un análisis sobre las necesidades de energía en buques.

En primer lugar se pretende dar una visión global del sector naval a nivel mundial, las tendencias en los últimos años y su estado actual. También se pretende hacer el mismo análisis del sector naval en España y situarlo dentro del marco global, ver qué papel juega España en Europa y en el Mundo.

En segundo lugar se quiere identificar cuáles son los principales consumidores de energía en un buque, como se consume esa energía y a que va destinada. Se pretende ver de manera general como se pueden calcular esas demandas de energía a la hora de diseñar un buque, para poder hacer una correcta estimación que permita dimensionar los grupos generadores de forma correcta, y a su vez, mostrar la importancia de hacer cálculos y estimaciones correctas en los anteproyectos.

Posteriormente se quiere analizar el caso concreto de un buque crucero en fase de diseño, para dar dimensiones a los conceptos analizados de forma general y hacer un estudio más aplicado. Sobre el caso particular de un buque se pretenden hacer cálculos y analizar cifras concretas sobre lo expuesto de manera general en el capítulo anterior. También se quiere analizar las particularidades de los buques crucero en cuanto a consumo de energía frente a otros tipos de buques.

Por último se pretenden extraer diferentes conclusiones a cerca de la gestión energética en buques, consumos de combustible y las maneras de cubrir la demanda energética tanto eléctrica como mecánica.

1.3 Industria Naval

Proceso industrial del buque

En este apartado se va a explicar brevemente como está organizada la industria naval y el proceso que sigue la construcción de un buque. Alrededor de la vida del buque se pueden destacar tres fases fundamentales, el diseño, la construcción y la explotación.

Las empresas y entidades del sector marítimo que intervienen en proceso industrial del buque son:

- Astilleros
- Empresas marítimas
- Industrias auxiliares
- Sociedades de clasificación
- Inspección marítima

Astillero

El astillero es la empresa que construye y repara el buque, también suele ser el que se encarga del diseño. Hoy en día la mayoría de astilleros solo fabrican las partes del buque que pueden hacer con eficiencia y que son propias de la arquitectura naval, como la estructura, los conductos o las tuberías. El resto suele ser contratado a industrias auxiliares específicas a las que se les compra su producto y posteriormente se monta en el astillero, por ejemplo, los equipos y la maquinaria.

La mayor parte de la ingeniería alrededor del diseño y la construcción la desarrolla el astillero, aunque en los casos en los que no tiene suficiente capacidad para abordarla por completo, subcontrata a otras empresas de ingeniería tanto ingeniería básica como de detalle.

Las etapas de construcción del buque son las siguientes:

1. **Fabricación de los paneles.** Paneles de acero que posteriormente se juntan para formar los bloques.
2. **Fabricación de bloques.** Se fabrican por separado los diferentes bloques del barco, pero se dejan abiertos para poder introducir los quipos y tuberías antes de cerrarlos y ensamblarlos.
3. **Fabricación de tuberías.**
4. **Armamento de bloques.** Se introducen las tuberías, conductos y equipos en los bloques.
5. **Montaje de bloques en la grada o en dique.** Se ensamblan los bloques por zonas y finalmente el buque completo.
6. **Botadura.** Se hace tomar contacto con el agua al buque construido en tierra firme.
7. **Montaje a flote.** Se termina de montar sobre el agua.
8. **Pruebas de puerto y de mar.** Se comprueba el correcto funcionamiento del buque.
9. **Entrega.**

Empresas marítimas

Estas son las empresas que poseen, habilitan y explotan comercialmente los barcos. Dentro de las empresas marítimas se pueden dividir en tres tipos por su actividad empresarial:

- Empresa propietaria: Compra el barco y es titular de su propiedad.
- Empresa armadora: Arma, equipa y pertrecha el barco, es decir que lo habilita para operar.
- Empresa naviera: Explota comercialmente el barco.

En muchos casos una misma empresa es a la vez propietaria, armadora y naviera.

Sociedades de clasificación

Son las entidades privadas que certifican si un buque se ha proyectado, construido y mantenido en condiciones de seguridad según sus propios criterios. Su clasificación es imprescindible para asegurar un buque.

Las Reglas de Clasificación se diseñan para asegurar un nivel de estabilidad, seguridad e impacto ambiental entre otras cosas. Los Estados de abanderamiento requieren que los buques o estructuras marinas que naveguen bajo su bandera cumplan unos ciertos estándares. En la mayoría de los casos estos estándares se cumplen si el buque tiene el certificado de cumplimiento de un miembro de la Asociación Internacional de Sociedades de Clasificación (IACS) u otra Sociedad de Clasificación aprobada.

Inspección marítima

Entidad del gobierno que asegura que un buque cumple con las normas internacionales de seguridad marítima. Hay inspecciones marítimas en numerosos puertos de la costa peninsular e insular y se inspeccionan tanto los buques en servicio como los buques en construcción.

La construcción naval en el mundo

En cuanto a nuevas contrataciones, el año 2017 continuó con la tendencia del año anterior con unos niveles de contratación bajos, en total se contabilizaron algo más de 1.500 nuevos buques correspondientes a 23,5 millones de CGT. Estos valores supusieron un incremento del 70% respecto al año anterior, que fueron los peores en los últimos 20 años. Por lo tanto, continuaron bastante por debajo de la media de los últimos 5 y 10 años.

En el siguiente gráfico se muestra la evolución de nuevas contrataciones a nivel mundial en los últimos 17 años, expresada en millones de CGT.

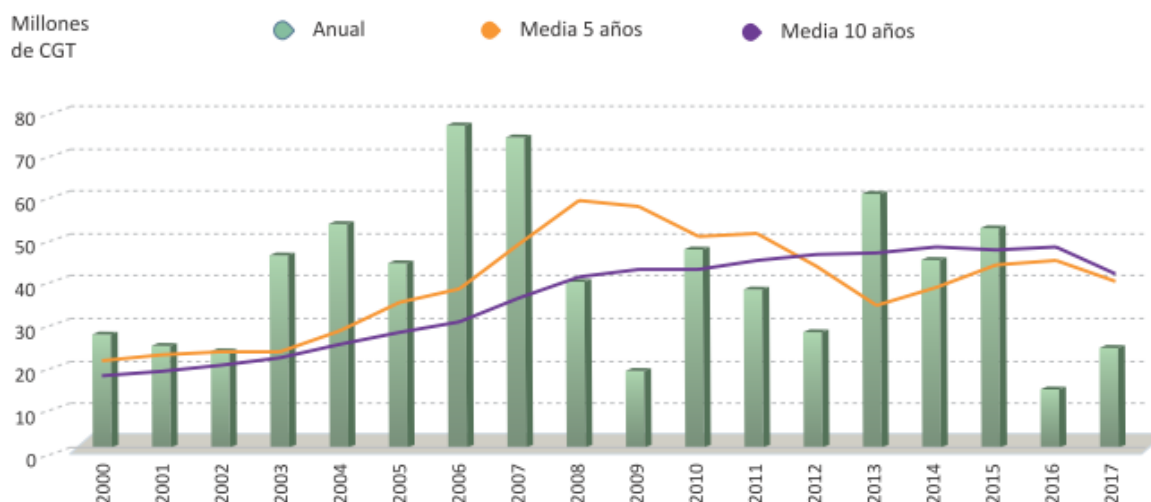


Figura 1 Contratación de construcción de buques en el mundo

Fuente: Ministerio de Industria Comercio y Turismo

Los bajos valores de nuevos contratos en los dos últimos años, supusieron una disminución de la productividad a nivel mundial, especialmente en Asia. Durante el año 2017 en todo el mundo se entregaron en total 2.590 buques correspondientes a 36,7 millones de CGT, un 5% menos que las CGT contabilizadas el año anterior y un 21% por debajo de la media de los último 10 años.

En el siguiente gráfico se muestra la evolución de entregas a nivel mundial en los últimos 17 años expresadas en millones de CGT.

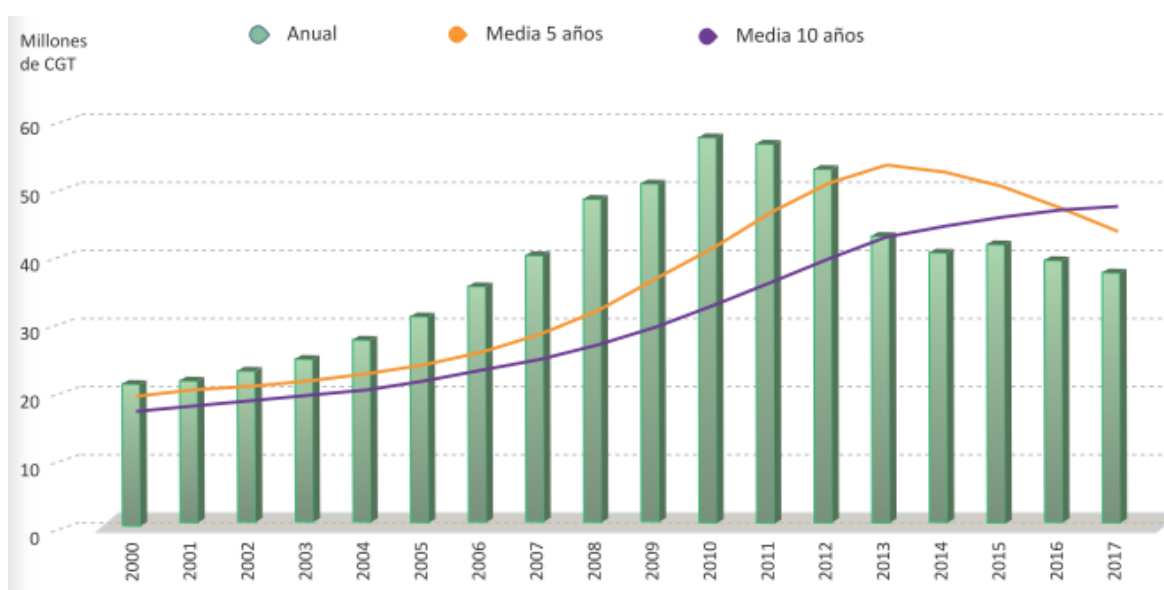


Figura 2 Entregas de buques construidos en el mundo
Fuente: Ministerio de Industria Comercio y Turismo

En 2017 fueron 703 el número total de astilleros en el mundo con actividad (al menos 1 buque en cartera a cierre del año), de los cuales 399 se situaron en el continente asiático (150 en China, 83 en Japón y 19 en Corea), 228 en el continente europeo (el 68% en la Unión Europea), 62 en América, 11 en África y 3 en Oceanía.

Clasificando por tipos de buque, la cartera de pedidos a nivel mundial se distribuyó de la siguiente manera:

- 18,9 millones de CGT de buques tanque, lo que supuso una reducción del 15% con respecto al año anterior.
- 15,6 millones de CGT correspondientes a graneleros, una cifra muy por debajo a las que se venían registrando en los últimos 10 años.
- 13,5 millones de CGT a buque portacontenedores, lo que supuso una reducción de casi un 25% respecto a la media los últimos 5 años.
- 10,3 millones de CGT a buques gaseros, un 15% menos que el año anterior.
- 5,3 millones de CGT correspondientes a buques offshore.
- 8,2 millones de CGT correspondientes a cruceros en construcción, lo que supuso un 30% más que el año anterior, que ya de por si obtuvo muy buenos registros.

Los viajes en crucero han mantenido un fuerte crecimiento, con 25,8 millones de pasajeros durante 2017, han producido un impacto económico estimado de cerca de 120.000 millones de dólares. Desde el año 2009 este tipo de demanda vacacional ha aumentado aproximadamente un 45%, crecimiento que se debe a la diversa variedad de ofertas y a la apertura y fortalecimiento de nuevos mercados, como es el caso de china.

En el siguiente gráfico se muestra la evolución de la contratación de buques crucero en el mundo, medida en CGT y en unidades.

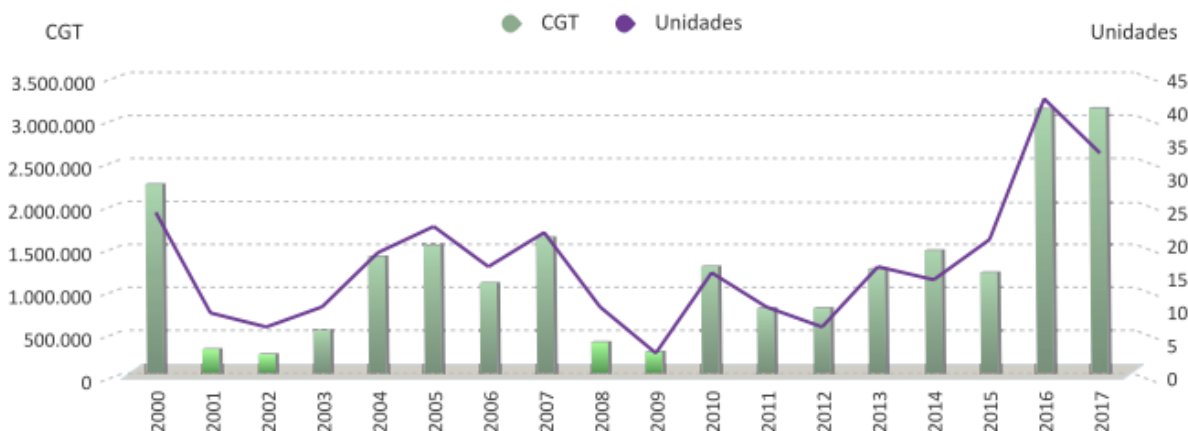


Figura 3 Contratación de construcción de buques crucero en el mundo
Fuente: Ministerio de Industria Comercio y Turismo

Al final del 2017 el número total de pedidos fue de 89 cruceros, con un total de 8,2 millones de CGT, lo que supuso un aumento de aproximadamente el 20% frente al número de cruceros pedidos el año anterior y un 125% de incremento respecto a la media de los 10 años anteriores. La media por buque en construcción se situó en las 100.000 CGT/buque aproximadamente, casi un 50% por encima de los valores del año 2000, esto se debe a la evolución en tamaño y complejidad de este tipo de construcciones.

La construcción naval en España

A mediados del 2016 se dio un incremento de nuevas contrataciones y posteriormente en 2017 ese incremento se vio acelerado. Durante el 2017 los astilleros españoles registraron un total de 37 nuevos contratos correspondientes a 185.634 CGT y 5,3 millones de horas de trabajo, lo que supone incrementos interanuales de más del 70% en estas dos últimas unidades.

Clasificando los nuevos contratos por tipos de buque:

- 21 correspondieron a buques para la industria pesquera (57% del total).
- 7 a buques de pasaje (6 ferris de distintos tamaños y 1 crucero).
- 3 remolcadores.
- 3 oceanográficos.
- 1 buque offshore para la eólica marina.
- 1 buque para el tendido y mantenimiento de boyas.

La industria naval en España ha conseguido durante 4 años consecutivos incrementar las cuotas de contratación globales, pasando del 0,6% de las unidades contratadas en el mundo en el año 2013, al 2,4% en el año 2017. Con estas cifras España se ha posicionado en la 2ª posición de la Unión Europea y en la 10ª posición a nivel mundial, en número de buques contratados durante el año.

Durante el 2018 continúan creciendo las nuevas contrataciones en segmentos como los oceanográficos, pesqueros de última generación y buques de pasaje, nichos de mercado que se adaptan muy bien a las altas capacidades y al alto nivel tecnológico de los astilleros e ingenierías españolas del sector naval.

En el siguiente gráfico se muestran las contrataciones en España durante 2017, clasificadas por tipo de buque y medidas en CGT.

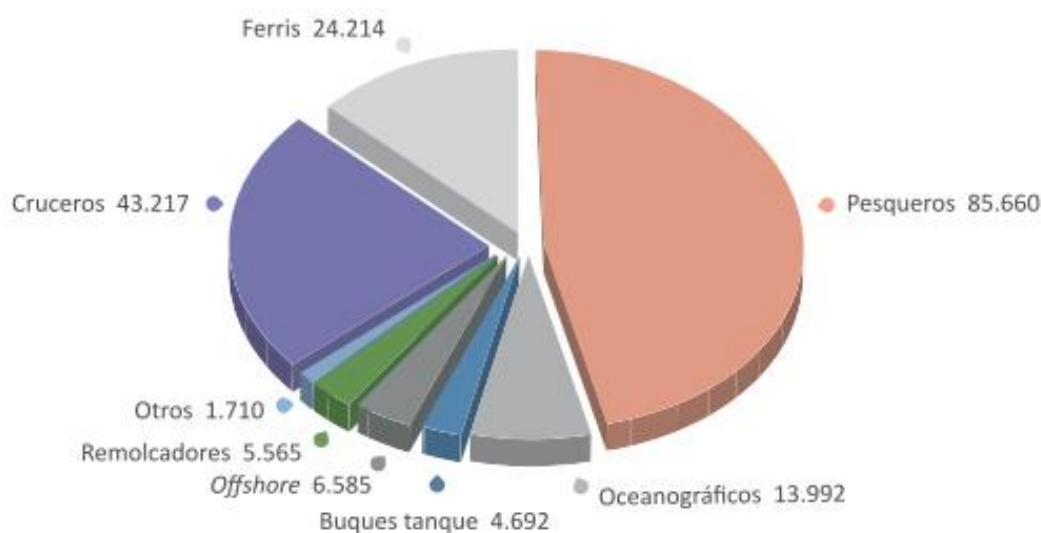


Figura 4 Contratación de construcción de buques en España
Fuente: Ministerio de Industria Comercio y Turismo

En cuanto a entregas, fueron 40 los buques entregados por astilleros españoles en el año 2017, equivalentes a 141.455 CGT, que supuso un aumento interanual del 11% en CGT respecto al año anterior. Este incremento fue acompañado de un mayor nivel en la actividad productiva de los astilleros.

De las 40 entregas, 12 fueron remolcadores, 10 buques para la industria pesquera, 4 buques offshore, 3 ferris, 3 oceanográficos, 3 patrulleras, 1 buque tanque, 1 buque escuela, 1 yate, 1 buque de carga general y 1 buque para la lucha contra la contaminación. Como viene siendo habitual, la mayoría de los buques fueron construidos por demanda extranjera, representando cerca del 85% del importe de las entregas.

En el siguiente gráfico se muestra la evolución de las entregas de buques realizadas por España en los últimos 17 años, medidas en unidades y CGT.

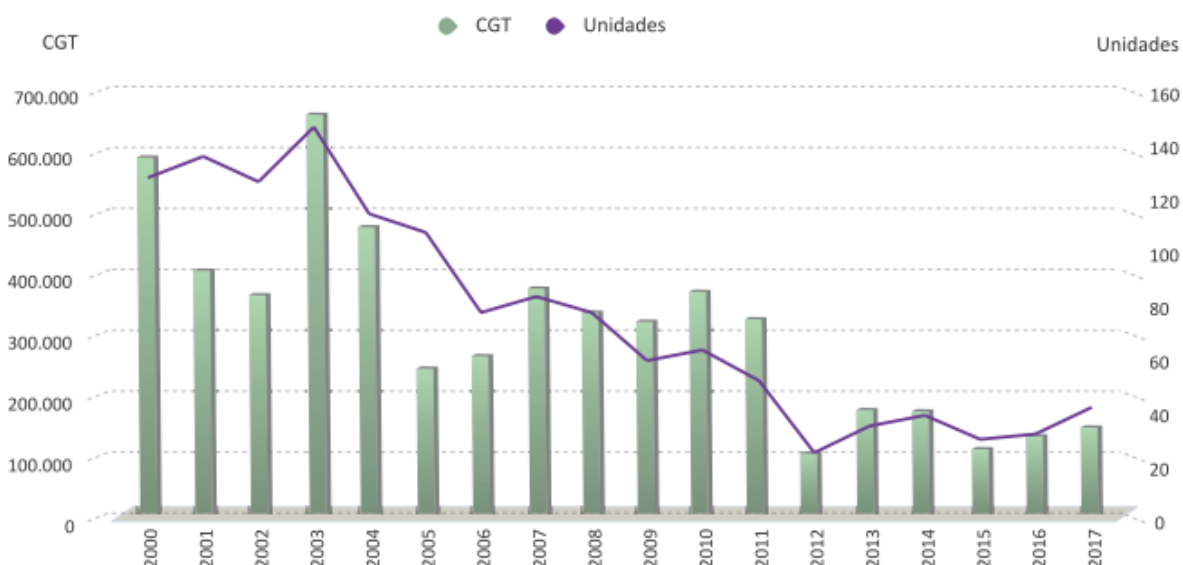


Figura 5 Entregas de buques en España
Fuente: Ministerio de Industria Comercio y Turismo

La actividad naval, en cuanto a construcción, en España actualmente se reparte en 4 comunidades autónomas, que son: País Vasco, Asturias, Galicia y Andalucía. En la siguiente tabla se muestran los datos ofrecidos por la Secretaría General de Industria y Pyme del primer trimestre de 2018.

C.C.A.A.	Puestas de Quilla			Botaduras			Entregas (Pruebas Oficiales)			Indice de Actividad Ponderada			
	Nº	GT	CGT	Nº	GT	CGT	Nº	GT	CGT	GT	CGT	%GT	%CGT
GALICIA	3	2.542	8.351	2	1.260	4.663	3	2.009	7.229	1.768	6.227	6%	25%
ASTURIAS	1	775	2.845	2	5.805	10.917	2	5.870	10.952	4.564	8.908	17%	36%
PAIS VASCO	1	2.800	6.725	0	0	0	1	496	2.158	824	2.221	3%	9%
R. MURCIA													
ANDALUCÍA	0	0	0	0	0	0	1	82.000	30.347	20.500	7.587	74%	30%
TOTAL SECTOR	5	6.117	17.921	4	7.065	15.580	7	90.375	50.686	27.656	24.942	100%	100%

NOTA: Actividad ponderada = (Q+2B+E)/4

Tabla 1 Actividad de la industria naval en España
Fuente: Ministerio de Industria Comercio y Turismo

En el siguiente gráfico se muestran los datos de la actividad ponderada entre puestas en quilla, botaduras y entregas del primer trimestre de 2018, donde se aprecia un claro dominio de Asturias.

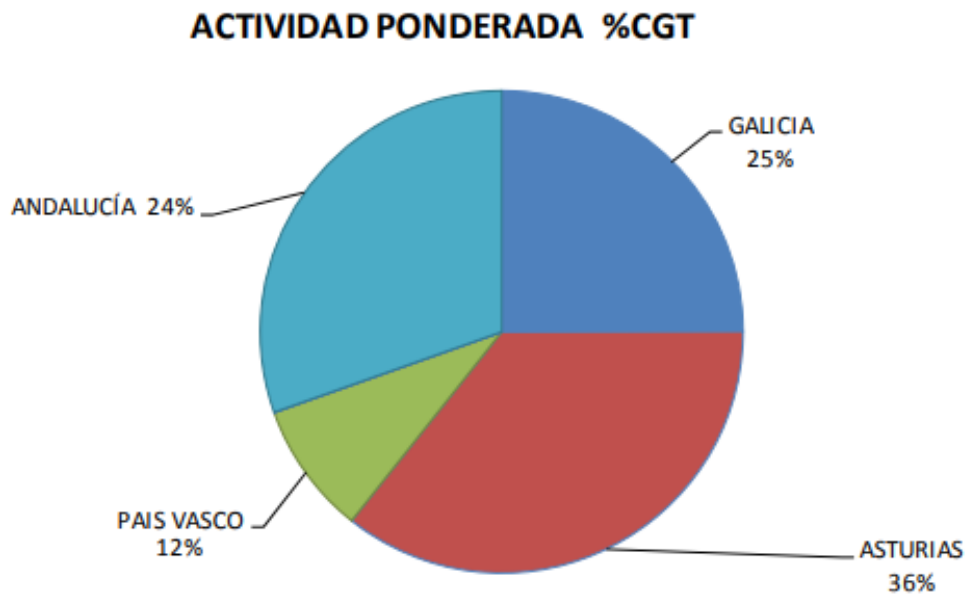


Figura 6 Actividad ponderada de la industria naval en España
Fuente: Ministerio de Industria Comercio y Turismo

1.4 Transporte marítimo

A día de hoy, según los datos ofrecidos por la UNCTAD aproximadamente el 80% del volumen del comercio mundial se mueve en transporte marítimo, y representa algo más del 70% del valor del comercio mundial. Por lo tanto es evidente que el transporte marítimo sigue siendo clave para el comercio y desarrollo para numerosos países de todo el mundo.

Situación económica mundial

Tanto la evolución de la economía mundial como el comercio global, influyen en gran medida la evolución del comercio marítimo mundial. Aunque la actividad industrial, el comercio de mercancías, la producción económica y el tráfico marítimo pueden presentar diferentes velocidades de crecimiento, estas variables están en cierta medida correlacionadas, tal y como se puede observar en la figura 7.

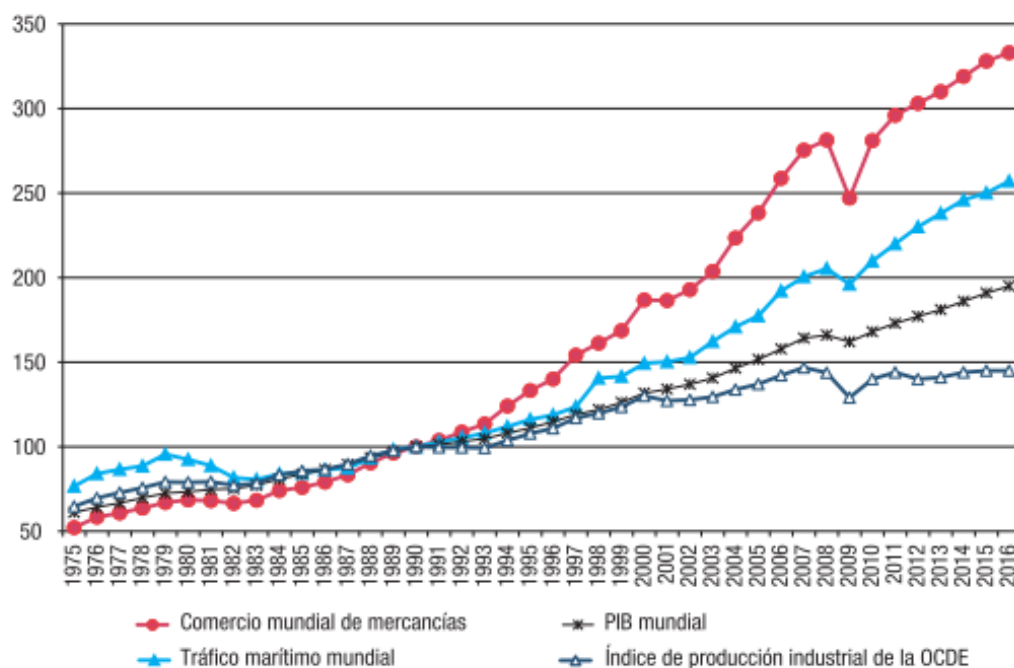


Figura 7 Índice de producción industrial de la OCDE e índices mundiales de PIB, comercio de mercancías y tráfico marítimo
Fuente: UNCTAD 2017

En 2016 el crecimiento económico mundial se desaceleró con una tasa de crecimiento del PIB del 2,2% por debajo del 2,6% del 2015 y por debajo de la tasa promedio de crecimiento anual de los años 2001-2008 del 3,2%.

En las economías desarrolladas, la producción económica pasó del 2,2% en 2015 al 1,7% en 2016, esto refleja una ralentización del crecimiento que afecta a la Unión Europea (1,9%), los Estados Unidos (1,6%) y Japón (1,0%). El crecimiento en las economías en desarrollo el crecimiento del PIB siguió siendo superior, pero se redujo al 3,6%, valor inferior al registrado el año anterior (3,8%). China e India fueron los países con mayor crecimiento del PIB con un 6,7% y 7% de crecimiento respectivamente, siguiendo la tendencia de los últimos años.

La reducida actividad de los países exportadores de petróleo de África, América Latina y el Caribe, Asia Occidental y las economías en transición, junto a la recesión en Brasil y Rusia, fueron las causas de la desaceleración del crecimiento de las economías en desarrollo y en transición. En los países menos adelantados el crecimiento del PIB fue del 3,7% en 2016, un tasa muy por debajo al objetivo mínimo del 7% definido en el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

En la tabla 2 se muestra el crecimiento del volumen del comercio de mercancías en los últimos años en porcentajes interanuales.

Exportaciones				Economías o regiones	Importaciones			
2013	2014	2015	2016		2013	2014	2015	2016
3,1	2,0	1,4	1,7	Mundo	2,3	2,5	1,9	2,1
2,1	1,7	2,1	1,0	Economías desarrolladas	0,0	2,8	3,3	2,7
2,6	3,3	-1,1	-0,2	Estados Unidos	0,8	4,7	3,7	3,6
1,9	1,6	3,3	1,1	Unión Europea	-1,0	3,2	4,1	2,8
-1,5	0,6	-1,0	0,3	Japón	0,3	0,6	-2,8	-0,3
4,4	2,5	0,6	2,8	Economías en desarrollo	5,5	2,7	1,1	1,1
2,4	2,3	3,2	2,3	América Latina y el Caribe	3,8	0,0	-2,0	-4,2
-1,6	-2,0	0,6	2,9	África	6,8	3,6	0,7	-4,6
6,7	4,9	-0,6	0,6	Asia Oriental	7,0	3,4	-1,1	2,2
8,5	5,6	-0,9	0,0	China	9,1	2,9	-1,8	3,1
0,0	1,1	-1,4	18,1	Asia Meridional	-0,4	4,7	7,4	8,9
8,5	3,5	-2,1	6,7	India	-0,3	3,2	10,1	7,3
5,0	3,7	3,7	3,9	Asia Sudoriental	4,2	2,4	5,7	4,4
3,7	-3,2	-0,6	3,5	Asia Occidental	6,7	2,2	3,1	-2,4
2,0	0,5	1,0	-1,6	Economías en transición	-0,4	-7,9	-19,9	7,3

Tabla 2 Crecimiento del volumen del comercio de mercancías 2013-2016

Fuente: UNCTAD 2017

En general, el crecimiento del comercio de mercancías también ha sido débil en relación con el crecimiento del PIB mundial, un efecto que se viene dando desde el 2008. Además de la debilidad de la demanda mundial y la desaceleración de la actividad económica, el cambio de relación entre el PIB y el comercio se debe también a factores como la ralentización de la globalización y la fragmentación de las cadenas de suministro.

Tráfico marítimo mundial

En consonancia con la evolución de la economía mundial, la actividad del transporte marítimo se incrementó en 2016 respecto al año anterior, pero de forma muy moderada. En 2016 se registró un incremento del tráfico marítimo mundial del 2,6%, quedando por encima del 1,8% del año anterior, pero a su vez manteniéndose por debajo del incremento medio del 3% registrado durante los 40 años anteriores. En términos de volumen, se transportaron 10.300 millones de toneladas, suponiendo un incremento de 260 millones de toneladas respecto al año anterior, cuya mitad aproximadamente provino del comercio de buques tanque.

En el siguiente gráfico se muestra la evolución del comercio marítimo internacional desde 1980 en millones de toneladas cargadas, diferenciando los principales tipos de carga. En este gráfico se puede observar como el transporte de contenedores aunque sigue siendo el tipo de carga minoritario en toneladas, ha sido el que ha sufrido un incremento mayor en porcentaje desde 1980.

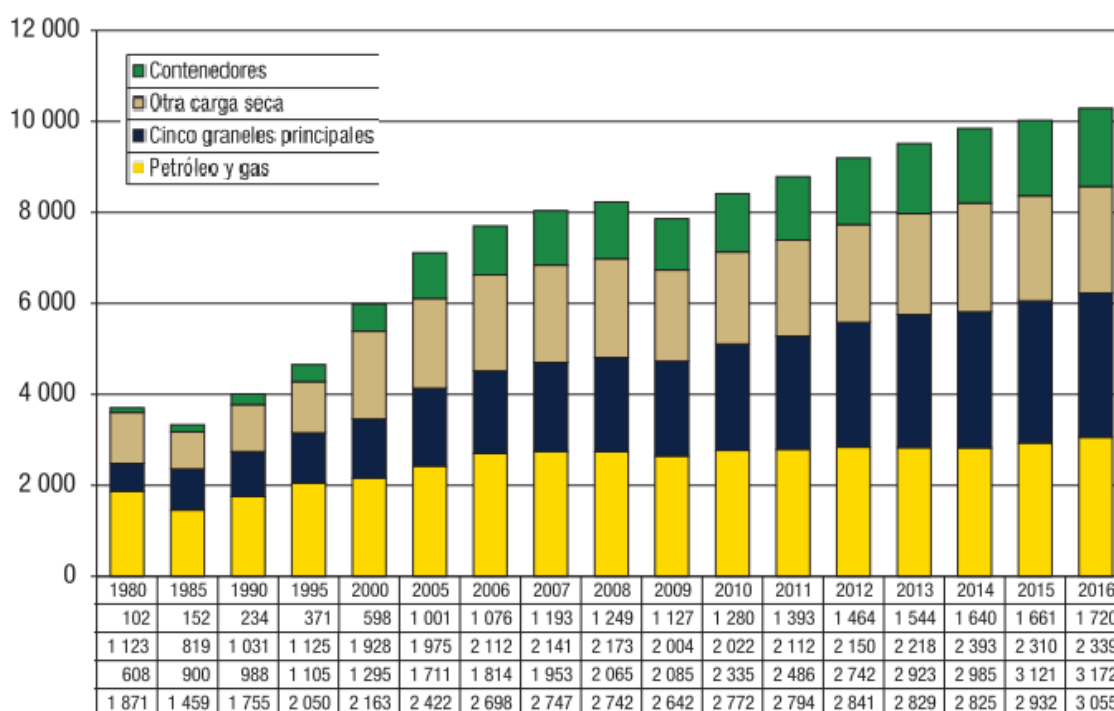


Figura 8 Comercio marítimo mundial en millones de toneladas de carga

Los transportes de carga seca sumaron un total de 7.230 millones de toneladas cargadas en 2016, lo que representó un incremento del 2% con respecto al año anterior. Los graneles principales (carbón, mineral de hierro, cereales, bauxita/alúmina/fosfato natural) representan el 43,9% del volumen total de carga seca, seguidos del comercio contenedorizado (23,8%) y los graneles secundarios (23,7%). El resto del volumen se considera como “otra” carga seca y corresponde a los embarques de carga en bultos. En 2016 los graneles principales experimentaron un incremento del 1,6% y un 2,2% de la otra carga seca.

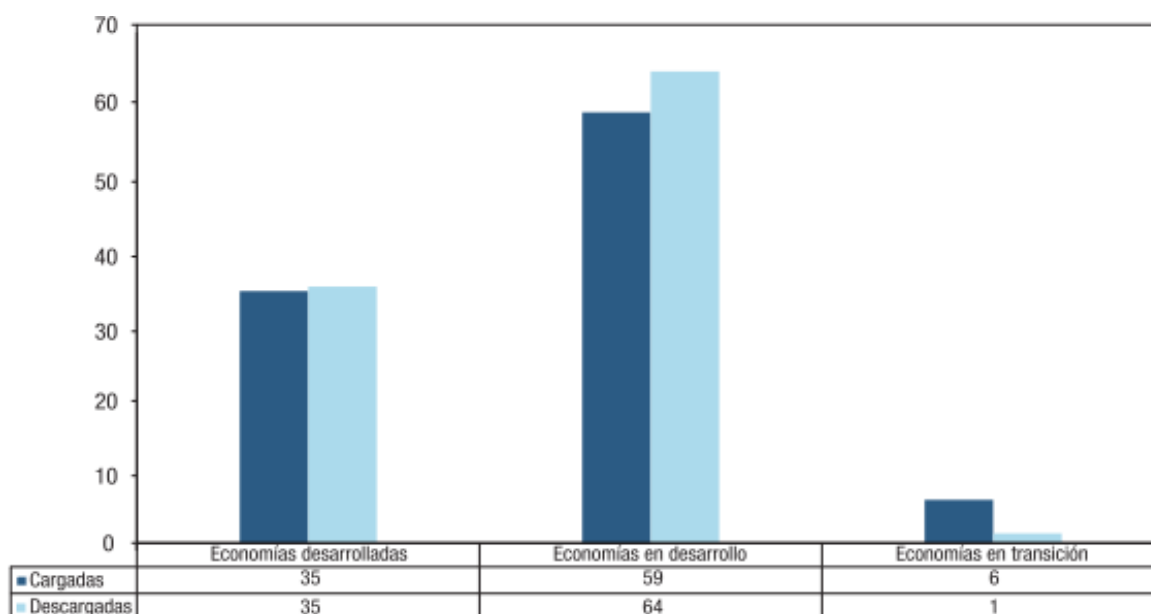


Figura 9 Comercio marítimo mundial por tipo de economía (% del tonelaje mundial)

Fuente: UNCTAD 2017

En 2016 fueron las economías en desarrollo las que generaron la mayor parte del transporte de carga por mar, a pesar de la débil demanda de importaciones y del reducido número de exportaciones de muchas de las economías más importantes a nivel mundial. En la figura 9 se puede observar que las economías en desarrollo representan el 59% de las mercancías cargadas a nivel mundial y aproximadamente dos tercios de las mercancías descargadas.

En los últimos 40 años las economías en desarrollo han cambiado completamente su participación en el comercio marítimo mundial, pasando de una baja participación a convertirse en los principales protagonistas. Desde los años setenta sus mercancías cargadas y descargadas se han incrementado hasta situarse alrededor del 60% del total en 2010. En los últimos 7 años sin embargo, ese incremento se ha visto desacelerado por completo, manteniéndose aproximadamente en los mismos valores desde el 2010.

Estructura de la flota mercante mundial

En cuanto a la flota mundial, al igual que sucedió durante los 5 años anteriores, en 2016 se registró una desaceleración del crecimiento, siendo este del 3,15%. A pesar de esta disminución del crecimiento, la oferta de transporte marítimo fue mayor que la demanda del mercado, por lo tanto persistió la tendencia de los últimos años de exceso de capacidad a nivel mundial, lo que conlleva una presión de bajada de precios en las tarifas de los fletes. La tasa de crecimiento del total de la flota en número de buques registro un incremento del 2,47%, menor al incremento en tonelaje, lo que refleja un aumento del tamaño medio de los buques.

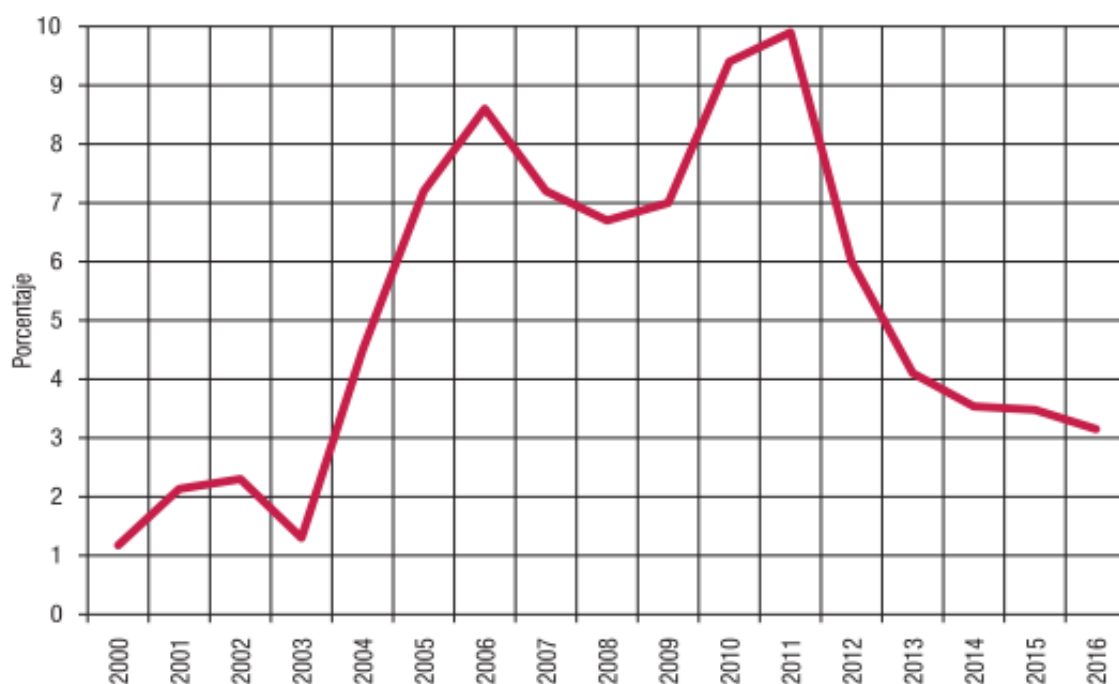


Figura 10 Crecimiento anual de la flota mundial. Variación porcentual anual

Fuente: UNCTAD 2017

En total, la flota mercante mundial a día 1 de enero de 2017 era de 93.161 buques, con un tonelaje total de 1.860 millones de TPM.

La especialización de la flota mundial puede resultar un problema para las economías pequeñas y débiles debido a las dificultades que pueden tener para generar volúmenes de carga suficientes para poder llenar buques especializados, además del elevado gasto que conlleva dotar a los puertos de las instalaciones especializadas necesarias. Los buques de carga general con aparejos propios, tienen la ventaja de la flexibilidad y pueden hacer escala en puertos pequeños sin equipos específicos para manipular la carga de buque a tierra, pero los portacontenedores son cada vez más grandes y necesitan grúas específicas en los muelles.

En la actual situación en la que el crecimiento de la demanda de transporte marítimo es pequeño y los fletes se ven obligados a bajar los precios, los puertos se muestran reacios a invertir en nuevas instalaciones especializadas. Sin embargo, se prevé que la presión en cuanto a tipos y tamaños de los buques seguirá aumentando, por lo que las autoridades portuarias deberán trazar cuidadosamente la estrategia de acogida de buques.

En el siguiente gráfico se muestra la evolución de la flota mercante mundial por los principales tipos de buque.

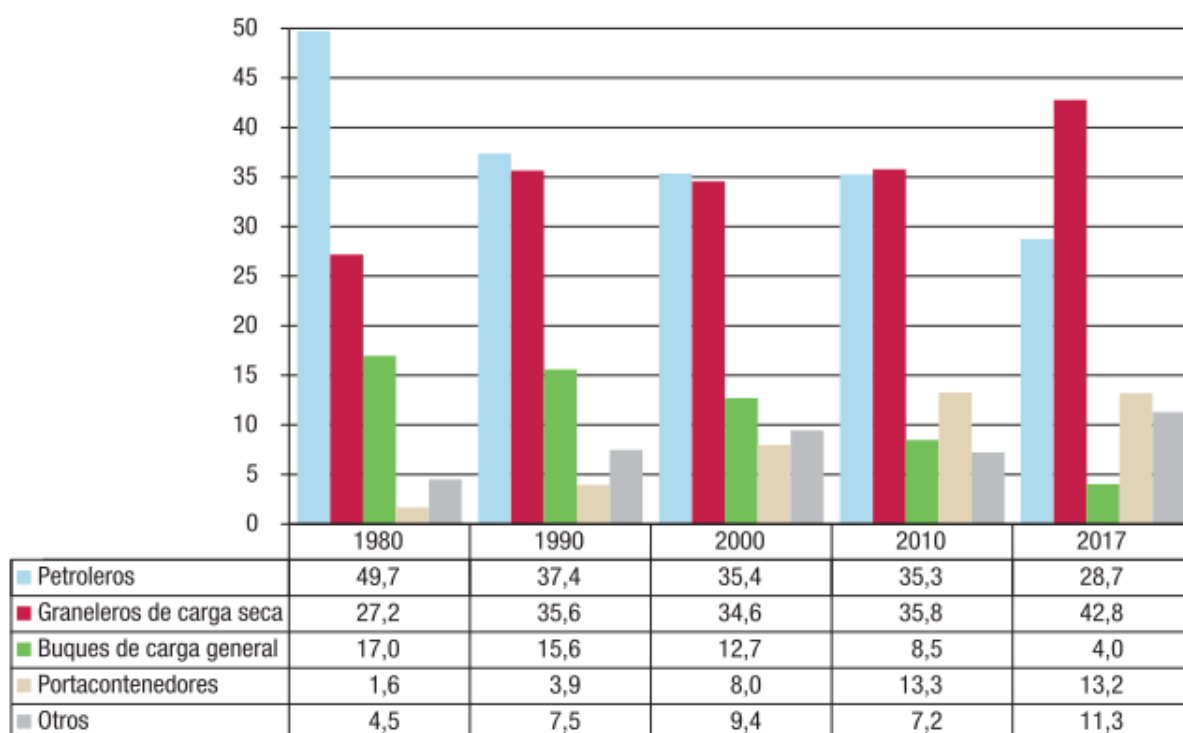


Figura 11 Flota mundial por principales tipos de buque. Porcentaje del TPM
Fuente: UNCTAD 2017

A la hora de analizar la flota mundial se puede hacer desde diferentes perspectivas, tradicionalmente se evalúa la cuota de mercado en términos de capacidad de transporte de carga (TPM), pero también se puede hacer un análisis del valor comercial de la flota.

El TPM representa la importancia del transporte marítimo en relación con el volumen del comercio internacional. En términos de TPM, encabezan la flota mundial los graneleros de carga seca, los petroleros y los portacontenedores que transportan mineral de hierro o carbón.

Desde el punto de vista del valor comercial, en cambio, ganan importancia los buques de suministro mar adentro, los transbordadores y los buques gaseros. La construcción de estos buques es más cara y su carga a menudo tiene un valor unitario mayor que el petróleo o el mineral de hierro transportados por los cargueros de graneles líquidos y secos.

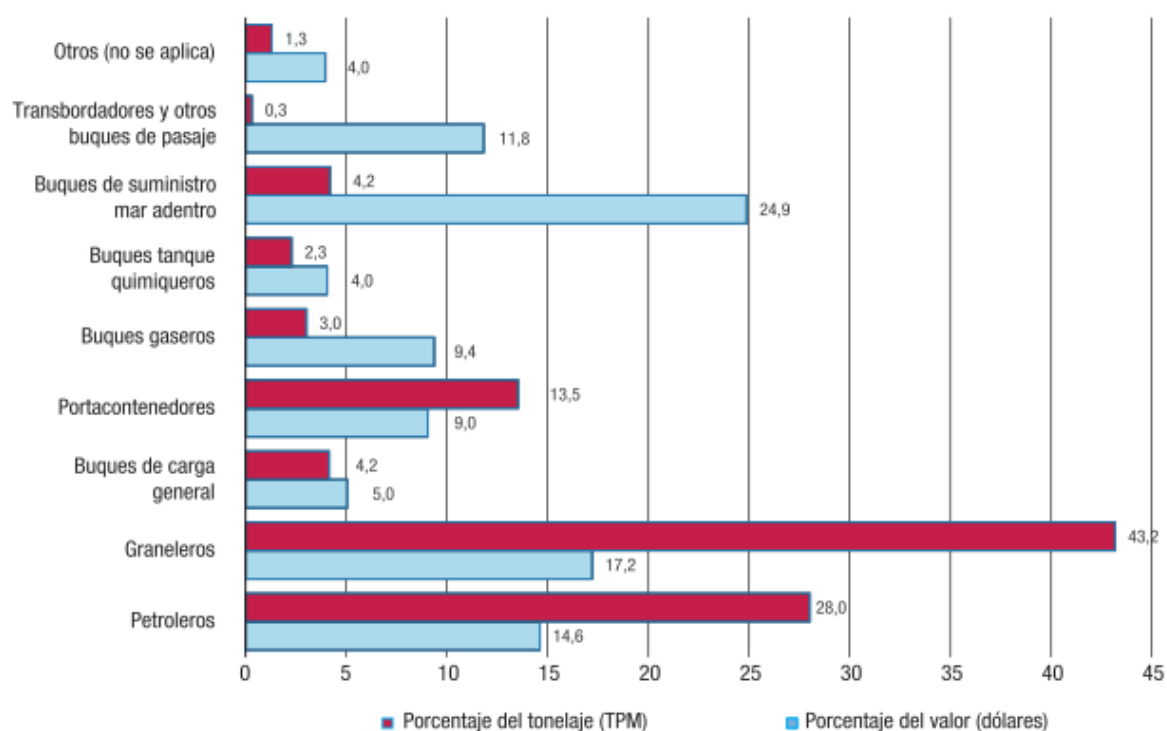


Figura 12 Flota mundial por tipos de buque. En porcentajes de TPM y del valor en dólares
Fuente: UNCTAD 2017

2 ENERGÍA EN BUQUES

2.1 Propulsión. Sistema principal de consumo de energía

En cualquier buque son muchos los sistemas que requieren energía, pero el que más energía demanda es el sistema propulsor que transmite la potencia necesaria para que el barco se mueva.

Para dimensionar el sistema propulsor de un buque hay que calcular la resistencia al avance que ofrece por un lado, el agua sobre el casco y por otro lado, el aire sobre el resto del barco que permanece por encima del nivel del mar. Una vez determinada la resistencia al avance, se determina un diseño de hélices que maximice su eficiencia teniendo en cuenta las condiciones de operación en las que va a funcionar. Por último se seleccionan los motores óptimos para la propulsión del buque.

Predicción de potencia. Estimación de la resistencia al avance

Como se ha dicho anteriormente, para poder dimensionar y diseñar el sistema propulsor el primer paso es hacer un cálculo de la resistencia al avance a la que tendrá que hacer frente, alcanzando la velocidad exigida por los requisitos del proyecto. Este es un punto crítico en cualquier proyecto del diseño de un buque, ya que la velocidad es uno de los requisitos iniciales de proyecto y no se puede comprobar hasta que el buque está terminado.

No se trata de hacer un cálculo exacto sino más bien una estimación, debido a que entra en juego la dinámica de fluidos. La resistencia que ofrece el agua sobre el buque no depende solo del peso, forma y velocidad del mismo, sino que viene determinada por muchos factores que no se pueden determinar con exactitud. El ejemplo más claro es el oleaje.

La forma más precisa de evaluar la resistencia al avance es mediante ensayos con un modelo a escala en un canal de pruebas, pero para ello se requieren muchos recursos económicos. En proyectos de menor presupuesto, se utilizan métodos estadísticos de regresión, basados en ensayos realizados con distintos tipos de buque a escala. Existen varios de estos métodos estadísticos y cada uno está enfocado a diferentes tipos de barcos en función de su tamaño y geometría, de manera que en función del tipo de barco que se está diseñando se elige un método u otro. El más conocido es el de “Holtrop y Mennen”.

Método de Holtrop y Mennen:

El método de H&M fué desarrollado por Holtrop & Mennen en el Canal de Experiencias hidrodinámicas MARIN, en Wageningen (Holanda), a partir de los resultados de cientos de ensayos con modelos y correlaciones con los datos registrados en pruebas en la mar con sus correspondientes buques reales.

Este método proporciona unos resultados considerados satisfactorios en el 95 % de los casos, en la fase de proyecto preliminar, siempre que el rango de las variables esté dentro de unos límites indicados por el propio método.

En este proyecto no se pretende analizar en profundidad la resistencia al avance, pero si se va a resumir conceptualmente los fundamentos del método, para tener una idea general de los factores que influyen sobre la potencia requerida por el sistema propulsor.

Se divide la resistencia total en varias componentes:

$$R_T = R_V + R_{AP} + R_W + R_B + R_{TR} + R_A$$

- R_T : Resistencia total
- R_V : Resistencia viscosa
- R_{AP} : Resistencia de los apéndices
- R_W : Resistencia por formación de olas.
- R_B : Resistencia de presión producida por el bulbo.
- R_{TR} : Resistencia de presión de las popas de estampa cuando están sumergidas.
- R_A : Resistencia debida al coeficiente de correlación modelo-buque, C_A .

Tipos de propulsión

Existen diferentes tipos de sistemas propulsores para barcos. De los que se utilizan actualmente se pueden clasificar en tres grupos:

- Turbinas de gas.
- Reactor nuclear-turbina de vapor.
- Motores de combustión interna alternativos.

De los sistemas de propulsión que utilizan combustibles fósiles, la turbina de gas es el más moderno. Se suele utilizar en buques de combate por su alta relación potencia/peso. Sin embargo, en otros tipos de buques donde la relación potencia/peso no es tan importante, las distintas crisis petrolíferas han frenado su utilización en beneficio de los motores diésel. El consumo medio de un motor diésel es de 135 g/CVhora mientras que el de la turbina de gas está en torno a los 180g/CVhora.

Las turbinas de gas para aplicaciones navales son aeroderivadas. Es decir, que son modelos adaptados de las turbinas de gas diseñadas para aviones, con la ventaja principal de obtener mucha potencia con un motor compacto y ligero.

La propulsión nuclear consiste en un reactor nuclear que genera vapor a alta presión y temperatura para accionar una turbina de vapor. Este tipo de propulsión tiene la ventaja de que no es necesario el oxígeno para el desarrollo del ciclo y es por ello que se usa sobretodo en submarinos. Este tipo de propulsión es muy poco utilizado debido a su complejidad y su grandes requerimientos de seguridad derivados del reactor nuclear. Además exige la necesidad de ocuparse de los residuos radioactivos y la del costoso desmantelamiento del motor una vez termina la vida útil del mismo.

El sistema de propulsión más utilizado en buques es mediante motores de combustión interna alternativos, más concretamente motores diésel. El consumo medio anda entorno a los 135g/CVhora y su funcionamiento es más simple y fiable que los anteriores.

Puesto que en este proyecto se pretende hacer un análisis más concreto de buques crucero y posteriormente sobre un crucero en particular, es el sistema sobre el que más se va a profundizar.

Se pueden diferenciar dos configuraciones diferentes de propulsión mediante motor diésel; diésel-eléctrica o diésel tradicional con línea de ejes. Ambas soluciones tienen ventajas y desventajas, no se puede dar una norma general que sirva para todos los buques, sino que se deben analizar los condicionantes particulares de cada proyecto para escoger la solución más adecuada.

La configuración tradicional con línea de ejes consiste en que el eje del motor es el que transmite el par directamente a las hélices. En estos casos se suelen instalar por lo menos dos motores con dos ejes, puesto que para transmitir toda la potencia necesaria con un solo motor/eje sería necesario un motor demasiado grande. Además sería necesario un eje mucho más robusto capaz de soportar tensiones mucho mayores.

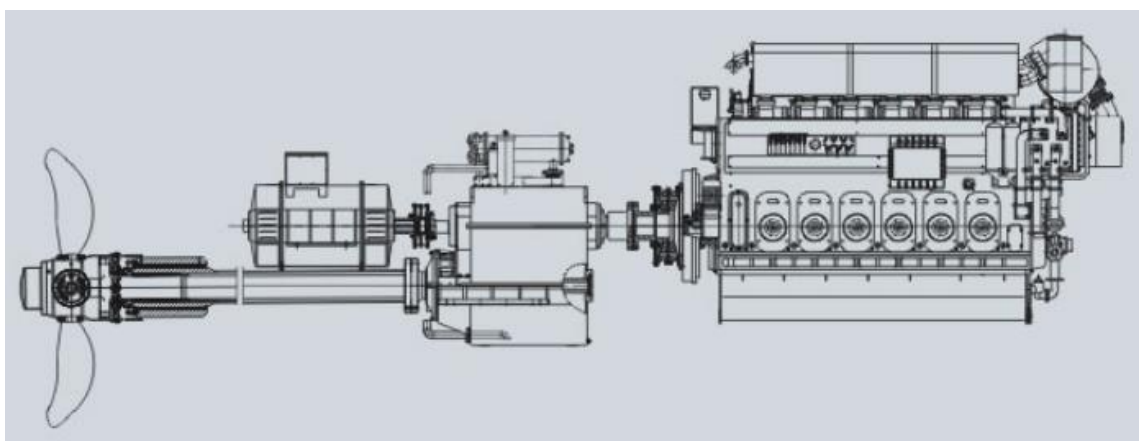


Figura 13 Esquema ejemplo de motor propulsor de línea de ejes

El principal factor que se puede utilizar para la elección entre uno u otro sistema suele ser la necesidad de electricidad a bordo y en menor medida la maniobrabilidad. Cuando la energía

eléctrica demandada por el conjunto de servicios del buque es muy alta, una propulsión diésel-eléctrica es más conveniente ya que se aprovecha la planta eléctrica necesaria para producir toda esa energía aumentando el tamaño de los grupos electrógenos. De esta manera no es necesario ningún otro motor principal.

Las ventajas de la configuración diésel-eléctrica son numerosas:

Al ser una propulsión eléctrica no es necesario instalar una línea de ejes. Esto aporta una gran flexibilidad a la hora de disponer los grupos principales. Por lado las pérdidas asociadas a la línea de ejes desaparecen, aunque aparecen pérdidas eléctricas en los conductores. Además te permite situar la cámara de máquinas cerca del centro de la carena, de forma que en caso de avería la inundación producida no genera trimado excesivo. Esto facilita el cumplimiento de los criterios de estabilidad después de averías, los cuales suelen ser muy restrictivos.

Por otro lado, no es necesario realizar una subdivisión entre los motores principales destinados a propulsión y los grupos auxiliares destinados a la generación de electricidad. En este caso se disponen una serie de grupos electrógenos que se encargan de generar energía eléctrica suficiente para abastecer todas las necesidades del buque, incluida la propulsión.

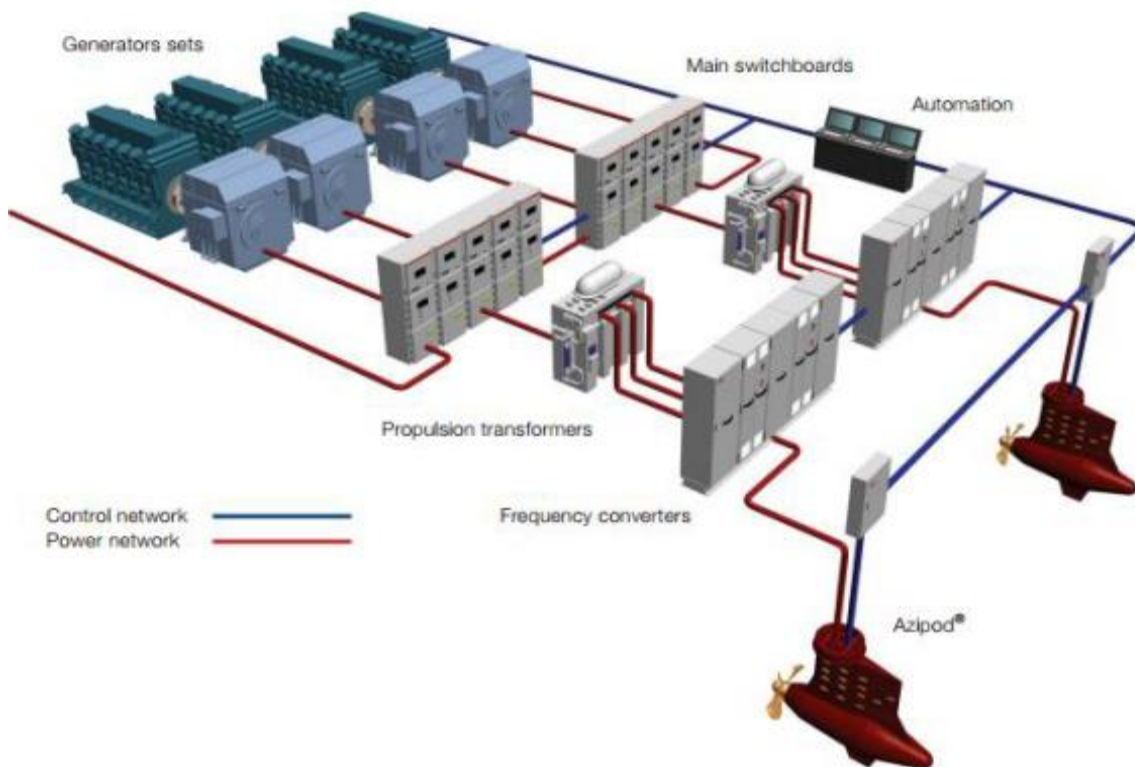


Figura 14 Esquema de sistema propulsor diésel-eléctrico

Estas son las principales ventajas que tiene la instalación de una propulsión diésel-eléctrica frente a la una de línea de ejes:

- Mejor respuesta del par. Los motores eléctricos pueden desarrollar un alto par a bajas velocidades.
- Mejor maniobrabilidad, ya que tienen mayor facilidad de regulación y rapidez de respuesta frente a un cambio de régimen.
- Menos vibraciones y ruido, al poder insonorizar y desacoplar los motores de la estructura.
- Menor tamaño de la cámara de máquinas. Aunque una planta eléctrica puede ser entre un 10% y un 30% más pesada que una planta mecánica, y un 20% más voluminosa, debido a la versatilidad de la colocación de los distintos elementos que la componen, puede llegar a caber en una cámara de máquinas más pequeña.
- Permite subdivisión de potencia, lo que supone una mejora de la seguridad frente a averías.
- En algunos casos puede reducir el consumo de combustible, consecuencia directa de la subdivisión de potencia. Esto se debe a que permite mantener en servicio solamente los motores que son estrictamente necesarios. De esta manera se optimiza la generación de energía y trabajan los motores primarios en régimen de bajo consumo.

Sin embargo existen algunas desventajas que para algunos proyectos convierten a este tipo de propulsión en inadecuada:

- Mayor coste de adquisición, el cual puede ser entre un 10% y un 20% superior al de una planta convencional equivalente.
- Posible menos rendimiento en algunas situaciones debido a la doble conversión mecánica-eléctrica y posterior eléctrica-mecánica.
- Mayor peso y empacho. Como se ha dicho anteriormente el peso puede ser entre un 10% y un 30% superior.

Uno de los aspectos más importantes a la hora de decidir entre un sistema u otro es la lección del tipo de motores eléctricos a utilizar. Hasta hace pocos años, los motores más usados como propulsores eran los motores eléctricos de corriente continua, debido a la facilidad de regulación de la velocidad de la hélice al depender de la intensidad del inducido.

Sin embargo, debido a la enorme evolución que ha experimentado la electrónica de potencia, que ahora permite modificar las señales eléctricas a conveniencia, ha llevado a la tendencia actual de utilizar motores de corriente alterna síncronos. Se actúa sobre la velocidad de giro mediante la variación de la frecuencia de la señal eléctrica haciendo uso de convertidores estáticos de frecuencia.

La utilización de este sistema supone una serie de ventajas significativas:

- Menor peso y volumen.
- Menor coste de funcionamiento y mantenimiento.
- Construcción más simple.
- Mayor límite superior de potencia unidad.
- Posibilidad de utilizar alto voltaje.

2.2 Planta propulsora. Equipos y sistemas auxiliares

En este apartado se van a definir y explicar la función de los sistemas auxiliares que se necesitan para el correcto funcionamiento del sistema propulsor y sus correspondientes equipos. Equipos que también consumen energía y que es preciso tenerlos en cuenta a la hora de diseñar la planta y escoger los motores principales.

Si bien es verdad que cada barco puede tener un diseño diferente de cámara de máquinas, los sistemas y equipos principales son comunes prácticamente en la totalidad de los buques:

- Sistema de combustible
- Sistema de lubricación
- Sistema de agua de refrigeración
- Sistema de generación de agua dulce
- Sistema de vapor
- Sistemas de aire

Los sistemas resumidos en el listado anterior se dividen más subsistemas que se van a nombrar y explicar a continuación. Además se van a identificar los equipos necesarios para el funcionamiento de cada sistema. Equipos que posteriormente será importante tener en cuenta, para hacer el balance energético del buque y calcular la potencia total necesaria para su funcionamiento.

Sistema de combustible

El sistema de combustible está compuesto por todos los elementos que permiten que el combustible llegue a los motores principales en las condiciones adecuadas. Este sistema se subdivide de la siguiente manera:

- Sistema de combustible interno (uno por cada motor).
- Sistema de combustible externo.
 - Sistemas de trasiego y purificación.
 - Sistema de alimentación.

Sistema de combustible interno

Este subsistema está formado por los siguientes elementos que van montados sobre el propio motor y que los suministra el mismo fabricante del motor:

- Bomba de inyección de combustible.
- Inyectores.
- Tuberías de fuel.
- Válvulas de control de presión.
- Bombas de alimentación de combustible, que aseguran un correcto caudal y presión.

Sistema de combustible externo

El diseño del sistema de fuel externo varía de un buque a otro, pero su función siempre es proporcionar fuel limpio y a la viscosidad y presión correcta a cada motor. El control de la temperatura del combustible es necesario para mantener una viscosidad estable y correcta a la entrada de las bombas de inyección.

El sistema de tratamiento de combustible comprende al menos un tanque de sedimentación y dos separadoras, cuyo correcto dimensionamiento es de gran importancia, puesto que si el combustible no es tratado correctamente puede dañar el motor.

Cada sistema de combustible externo se divide en dos subsistemas; el subsistema de trasiego y purificación, y el subsistema de alimentación del motor.

Sistema de purificación y trasiego

Este sistema se encarga de tratar el combustible que sale del tanque de sedimentación para después enviarlo al tanque de servicio diario. El conjunto de equipos de los que consta se encuentran junto a los tanques de sedimentación y servicio diario.

Los equipos asociados al servicio de trasiego y tratamiento son:

- Tanques de almacenamiento.

- Bombas de trasiego.
- Tanques de sedimentación.
- Filtro de aspiración.
- Separadoras.
- Bombas de alimentación de combustible a las separadoras.
- Calentadores de combustible para las separadoras.
- Tanques y bombas de lodos.
- Tanques de reboses.

Sistema de alimentación de combustible

Según la normativa SOLAS, en instalaciones donde varios motores estén conectados al mismo circuito de alimentación, debe ser posible cerrar el suministro de fuel y las líneas de retorno conectadas a cada motor de forma individual. Además debe ser posible cortar el suministro de fuel desde una posición que no pueda quedar inaccesible debido al fuego en cualquiera de los motores.

Los equipos asociados al sistema de alimentación de combustible son los siguientes:

- Filtros de aspiración.
- Bombas de alimentación de husillos.
- Válvula de control de presión.
- Filtro automático.
- Caudalímetro.
- Tanque de desaireación presurizado.
- Bombas de circulación de husillos.
- Calentadores de vapor de combustible.
- Armario de control de los calentadores.
- Armario de control para instalar distintos indicadores.

- Panel de alarmas.

Sistema de lubricación

Es el sistema de aceite encargado de la correcta lubricación de los motores. Este servicio está constantemente depurando el aceite para el correcto funcionamiento de los motores. Para ello se necesitan una serie de filtros, diferentes tanques con diferentes objetivos y bombas para la circulación del aceite en cada parte del circuito.

El circuito no es totalmente cerrado, puesto que se va consumiendo el lubricante en cierta medida y se han de disponer tanques de almacenamiento de aceite limpio para ir renovándolo.

Los fabricantes de los motores marcan las propiedades que debe tener el aceite de lubricación en función del combustible que se utilice, como por ejemplo la basicidad, viscosidad. Es importante asegurarse de que el aceite mantiene dichas propiedades para prolongar la vida de los motores.

Los equipos que componen este sistema son:

- Tanques de almacén de aceite.
- Sistema de lubricación interno (propio de cada uno de los motores).
 - Bombas de lubricación de los motores principales.
 - Bombas de pre-lubricación de los motores principales.
 - Equipo de aceite lubricante (enfriador, válvulas termostáticas y filtros).
- Sistema de lubricación exterior.
 - Precalentadores de los motores principales.
 - Bombas de trasiego.
 - Equipo de tratamiento de aceite.

Sistema de agua de refrigeración

Este sistema se compone a su vez de dos subsistemas; sistema de agua dulce y sistema de agua salada. Es el sistema de agua dulce que refrigera directamente los elementos del motor que requieren refrigeración (cilindros, inyectores, aire de carga y enfriador de aceite), para posteriormente ceder el calor absorbido durante la refrigeración al circuito de agua salada. El circuito de agua salada refrigera el sistema de agua dulce y descarga al mar.

Para obtener una eficiencia mayor y disminuir la necesidad de mantenimiento, el sistema de agua dulce se divide en dos circuitos; uno de alta temperatura y otro de baja temperatura. Aunque mejora

la eficiencia del sistema hay que tener en cuenta que esta subdivisión supone un mayor coste inicial.

El circuito de alta temperatura se encarga de suministrar agua caliente a los generadores de agua dulce, además de refrigerar los cilindros del motor, pasando entre las camisas y el bloque. Por último cede calor al circuito de baja temperatura. El circuito de baja temperatura refrigera el aire de carga, los inyectores y el enfriador de aceite. Es este circuito el que está refrigerado por el sistema de agua salda.

Los equipos necesarios para el funcionamiento de estos sistemas son los siguientes:

- Sistema de agua dulce de alta temperatura:
 - Bombas de agua dulce,
 - Intercambiador central de calor.
 - Tanque de expansión y tanque de aditivos.
 - Precalentadores.
 - Desaireadores.
- Sistema de agua dulce de baja temperatura:
 - Enfriador de aire de carga.
 - Enfriador de aceite lubricante.
 - Enfriador de inyectores.
- Sistema de agua salada:
 - Bombas de agua salada.

Sistema de generación de agua dulce

En un buque muchas veces no es posible almacenar todo el consumo de agua dulce sanitaria, potable y técnica que necesita, ya que aumentaría el valor de peso muerto del buque más de lo establecido. Para dimensionar este sistema hay que tener en cuenta la autonomía del buque, la capacidad de pasajeros y la capacidad de almacenamiento de agua dulce, además de estimar un consumo por persona.

Para la generación de agua dulce se utilizan generadores que destilan agua del mar. Para su funcionamiento se utilizara el agua de refrigeración de alta temperatura como ya se comentó en el

apartado anterior. De esta manera se aprovecha para refrigerar en parte el agua de alta temperatura y se reducen las necesidades de intercambiadores de calor en los generadores de agua dulce.

Por norma general la temperatura de funcionamiento suele ser de 40°C , con una presión de 0.075 kg/cm^2 . Con estas condiciones de contorno y considerando un calor específico de $0.96\text{ kcal/(kg}^{\circ}\text{C)}$ y una entalpía de vaporización de 574.7 kcal/kg , se puede calcular la demanda de energía necesaria para la producción de agua dulce.

El resultado que se obtiene es que estos generadores necesitan aproximadamente 8 kW para producir 1 ton/día de agua destilada. Solamente quedaría calcular las toneladas diarias que se necesitan producir para el caso de un buque concreto.

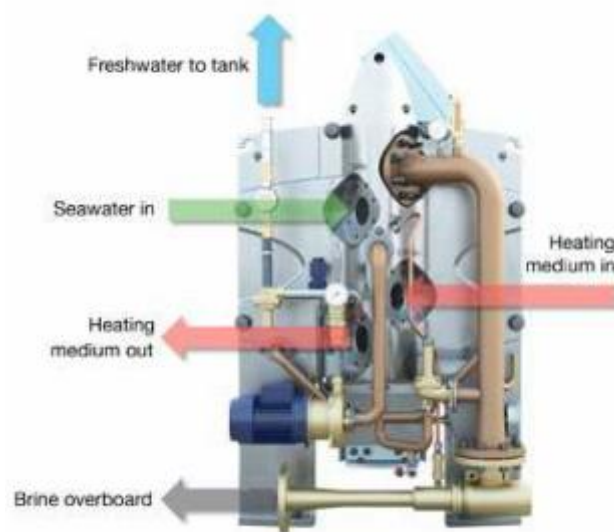


Figura 15 Sistema de generación de agua dulce

Sistema de vapor

Algunos de los servicios del buque necesitan aportación de calor para funcionar correctamente. Esta aportación de calor se hace mediante la circulación de vapor saturado seco presurizado a alta temperatura.

Los tres grupos principales consumidores de vapor son los siguientes:

- Tanques de combustible pesado.
- Servicios de los motores principales.
- Climatización y otros.

Para calcular la energía que demandará este sistema, primero hay que calcular el calor que es necesario aportar a cada uno de los servicios nombrados, para calcular el caudal de vapor necesario a unas condiciones de presión y temperatura. Posteriormente se calculan las calderas necesarias para

cubrir la dicha demanda de vapor y el consumo de las mismas.

Necesidades de vapor en tanques

Los tanques que necesitan aporte de calor son los siguientes:

- Tanques de almacén de combustible, donde se debe mantener una temperatura suficiente para permitir el trasiego del mismo. Dicha temperatura suele ser 47°C, depende del combustible que se utilice y sus propiedades.
- Tanques de sedimentación, en los que se aumenta la temperatura del combustible de 47°C a 60°C.
- Tanques de servicio diario. A estos tanques el combustible llega desde las depuradoras a una temperatura de 90°C, no hay que calentarlo más, solo mantener su temperatura. La demanda de vapor viene fijada por las pérdidas de calor del tanque.
- Tanques de reboses y derrames. El combustible de este tanque se considera que no ha sedimentado, por lo que su contenido se trasiega cuando convenga, al tanque de sedimentación. Para ello es necesario mantener la temperatura a 50°C.

Las necesidades de calor de los tanques se pueden calcular subdividiéndola en tres tipos:

- Calor necesario para elevar la temperatura.
- Calor necesario para compensar las pérdidas térmicas de los tanques durante el calentamiento (las pérdidas son función de la temperatura).
- Calor necesario para compensar las pérdidas una vez calentado, a temperatura constante.

Necesidades de vapor de los servicios de los motores principales

Hay varios servicios de la propulsión que necesitan aporte de calor en forma de vapor:

- Calentadores de las purificadoras de fuel oíl pesado.
- Calentadores de fuel oíl pesado de los motores principales.
- Calentadores de fuel oíl pesado para las calderas.
- Calentadores de las purificadoras de aceite.

Para calcular la demanda de vapor en cada uno de los calentadores nombrados hay que realizar balances de energía teniendo en cuenta el caudal y condiciones del fluido a la salida y a la entrada

del calentador en cada caso.

Climatización y varios

Por último quedan las necesidades de vapor de algunos de los servicios generales del buque:

- Sistema de climatización. La necesidad de vapor de este sistema pueden variar mucho en función del tipo de buque. En buques crucero o de pasaje, este sistema cobra mucha importancia, porque la mayor parte del buque es habitación que requiere de constante acondicionamiento.
- Separadores de sentinas. Son equipos que tienen un caudal conocido y deben calentar desde 10°C hasta 30°C generalmente, un fluido que es mezcla de agua y aceite. Suponiendo un 25% de aceite y un 75% de agua el balance de energía es inmediato.
- Calentadores de agua dulce sanitaria. Al igual que ocurre en con el sistema de climatización, las necesidades de vapor para estos calentadores puede variar mucho en función del tipo de buque (número de pasajeros).

Balance térmico. Demanda de vapor

Una vez definidas las necesidades de vapor de los diferentes sistemas, las calderas se dimensionan con un margen del 10% superior a la demanda calculada. También hay que considerar que parte del vapor se puede producir en calderetas aprovechando los gases de escape.

El consumo de vapor puede variar en función de la situación, se consideran dos diferentes; navegación y puerto. En cada una de ellas el coeficiente de utilización de los distintos consumidores será distinto.

Situación de navegación

En la situación de navegación, en lo que se refiere al calentamiento de tanques de almacenamiento de fuel oil pesado, se mantienen a temperatura ambiente (no requieren calentamiento), a excepción de uno de los tanques, el que se esté utilizando y el próximo en utilizarse que se estará calentando. En resumen, hay que mantener un tanque caliente y calentar otro.

Los tanque de servicio diario y sedimentación se están utilizando continuamente. El tanque de reboses se debe calentar para poder trasegar su contenido, pero como se supone que el volumen de este tanque nunca llega a llenarse, el coeficiente de utilización se estima en 0,5.

De los calentadores de FO de los motores principales y de las purificadoras, siempre tiene que haber uno de respeto que no se utiliza. Por lo tanto el coeficiente de utilización se estima en 0,8.

Situación de puerto

En la situación de puerto el consumo de combustible es muy bajo, por ello de todos los tanques de almacenamiento solo se calienta uno parcialmente. Por otra parte, los tanques de servicio diario y sedimentación solo demandan un 50% y el de reboses un 25%.

El tanque de lodos solo se calienta en puerto, por lo que durante la navegación su coeficiente de utilización es 0 y en puerto 1. Como en puerto la demanda de vapor baja, las calderas se supone que trabajan menos, por lo que su coeficiente de utilización se estima en un 50%.

Por último, en puerto el número de pasajeros a bordo es mucho menor, por lo que tanto la demanda de calentamiento de agua dulce como la de climatización serán menores.

Normalmente tras los cálculos en ambas situaciones siempre sale que la demanda de vapor en navegación es mayor que en puerto. Por tener una referencia aproximada, suele ser algo menor de doble en navegación que en puerto.

Planta de vapor

Una vez calculadas las demandas totales de vapor en las dos situaciones, se procede a dimensionar la planta de producción de vapor. De cara al dimensionamiento de las calderas se tiene en cuenta la situación más exigente y se considera un margen del 10%.

Primero se calcula la cantidad de vapor que se puede generar a partir de las calderetas de gases de escape. En el apartado del sistema de exhaustación que se verá más adelante se explica con más detalle el funcionamiento de estas calderas de recuperación. Por lo general la capacidad de aprovechamiento de estas calderetas suele rondar los 1200 kW lo que supone una capacidad de producción de vapor de unos 2000 kg/h. Aunque varía en función del tipo de buque y del tamaño y potencia de los motores principales.

Se suele instalar una por cada línea de exhaustación de cada motor, pero hay que tener en cuenta que en ninguna situación se utilizan todos los motores a la vez. Para cada situación hay que contar con los motores que se estarán utilizando y por lo tanto en navegación se puede generar una gran parte del vapor mediante estas calderetas de recuperación, pero en puerto habrá que cubrir toda la demanda con calderas convencionales de fuel oil pesado.

Para tener una idea del orden de magnitud de las plantas de vapor en función del tamaño del buque se recogen en la siguiente tabla las configuraciones instaladas en diferentes buques ordenados de menor a mayor en tamaño. Todos son buques crucero:

Nombre	Lpp (m)	Nº Pasajeros	Calderas de mecheros		Calderetas de gases de escape	
			Nº	Prod. Unitaria	Nº	Prod. Unitaria
Europa	179,00	408	2	4000 kg/h	4	1300 kg/h
Silver Whisper	161,80	435	2	4000 kg/h	2	4000 kg/h
Windward	160,00	1500	2	6600 kg/h	6	840 kg/h
Mistral	187,00	1670	2	6500 kg/h	--	--
Birka Paradise	154,0	1800	2	6000 kg/h	2	6000 kg/h
Volendam	202,00	1824	2	10000 kg/h	5	2000 kg/h

Tabla 3 Plantas de vapor en buques crucero
Fuente: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales de Madrid

Para el sistema de vapor hacen falta varios equipos consumidores de energía eléctrica:

- Bombas de agua de alimentación y circulación (además siempre una de reserva).
- Bombas de circulación para los economizadores (además una o dos de reserva).
- Bombas de combustible para los quemadores de las calderas.
- Calentador del combustible de las calderas.
- Condensador de exceso de vapor, que descargará al tanque de cisterna.
- Tanque cisterna que recoge los condensados y del cual aspiran las bombas de alimentación.
- Condensador de toma de muestras de la caldera.

Sistema de aire comprimido

La primera aplicación de este sistema es rellenar las botellas de aire de arranque tras su utilización a la vez que mantienen la presión de estas. En segundo lugar, alimentar todos los sistemas de control neumático del buque. Por último se utiliza también para el servicio y herramientas.

Generalmente para el arranque de los motores se necesita aire a una presión de 30 bar, pero para el resto de aplicaciones se precisan presiones de 7 bar o inferiores. Es por ello que conviene subdividir el sistema de aire comprimido en dos subsistemas, disponiendo de las conexiones necesarias entre ambos circuitos, para poder dar servicio en caso de pérdida de presión de alguno de ellos. Se suelen instalar por lo tanto, compresores auxiliares que alimentan al circuito de aire comprimido de baja presión, independientes de los compresores principales, junto con botellas de aire comprimido independiente. Con esto se consiguen evitar las pérdidas de rendimiento en las válvulas reductoras, donde se perdería parte de la energía empleada en comprimir a 30 bar para reducir posteriormente a 7 bar o menos.

Por otro lado, es necesario preocuparse por la pureza del aire de este sistema. El aire procedente de la atmosfera contiene muchas impurezas que son necesarias eliminar mediante filtros, para evitar que dichas impurezas se acumulen en los diferentes elementos de control, pudiendo llegar a inutilizarlos. Estos filtros deben tener una gran capacidad de separación y de acumulación.

Además de las partículas procedentes de la atmósfera, hay que tener en cuenta las partículas de aceite procedentes de los propios compresores. En estos se llegan a alcanzar altas temperaturas, que dan lugar a la evaporación del aceite lubricante. Posteriormente al enfriar el aire comprimido, estas partículas se condensan y deben ser eliminadas. Hay que tener cuidado a la hora de diseñar este circuito para evitar que se formen bolsas de aceite condensado en zonas sin purgas lo cual elevaría el peligro de que produzca una ignición de dicho aceite.

Subsistema de aire de arranque

Para el arranque de los motores se emplea normalmente aire comprimido a 30 bar, esta es una cifra de referencia, pero realmente en cada caso habría que ver los requerimientos de cada motor facilitados por el fabricante. El arranque de los motores diésel se efectúa por inyección directa de aire en los cilindros a través de las válvulas de aire de arranque situadas en las culatas de los cilindros.

La válvula de arranque principal está montada en el motor y puede ser operada manual o eléctricamente. Además se suelen instalar válvulas de no retorno y cortafuegos como medida de seguridad.

Subsistema de aire comprimido de servicios generales

Dentro de los servicios alimentados por este subsistema hay que destacar:

- Tomas de conexión de mangueras para la limpieza de la cámara de máquinas.
- Filtros de aceite de los motores.
- Tomas de aire de los talleres.
- Tomas de aire en el local de depuradoras.
- Aire para la limpieza de las cajas de mar.

Se suele instalar para alimentar estos servicios una botella de aire comprimidos de unos 7 bar. Aunque este subsistema tiene su propio compresor que comprime a 7 bar, se debe instalar una conexión que comunique los dos subsistemas con válvulas reductoras que pasen de 30 bar a 7 bar para poder alimentar estos servicios también en el caso de que se averíe el segundo compresor.

Sistemas de exhaustación

Este sistema se encarga de evacuar los gases de escape de los motores principales. Estos gases se encuentran a una alta temperatura, alrededor de los 350°C, pero varía en función de la carga y del motor que se instale. Como ya se ha mencionado en el apartado de planta de vapor, la energía que portan estos gases de escape se aprovecha instalando calderetas que enfrían los gases de escape y producen vapor. Este aprovechamiento tiene un límite que viene marcado por la temperatura mínima a la que pueden llegar los gases de escape, por debajo de la cual, se produciría una corrosión en frío.

La contrapresión, la expansión térmica y el anclaje de los conductos son factores decisivos a la hora de diseñar este sistema. Se deben instalar juntas flexibles a la salida de la turbosoplante para compensar la expansión térmica y prevenir daños por vibraciones. Además los conductos de exhaustación deben ser tan cortos y rectos como sea posible para evitar pérdidas del rendimiento de los motores por pérdidas de carga en el escape. Por norma general hay que diseñar los conductos de exhaustación de manera que la velocidad de los gases nunca supere los 50 m/s y a poder ser que esté comprendida entre 35-40 m/s cuando los motores trabajan a plena carga.

Calderetas de gases de escape

En estas se aprovecha la alta temperatura de los gases de escape, generando parte del vapor necesario. Con esto se consigue reducir las necesidades de producción de vapor en las calderas además de mejorar el aprovechamiento del combustible y por lo tanto el rendimiento del sistema en su conjunto.

La temperatura de entrada de los gases de escape a las calderetas suele suponerse 2°C inferior a la temperatura de salida de la turbosoplante del motor y suele rondar los 350-340°C y a la salida de la misma como mínimo los gases deben de estar a 182°C para evitar problemas de corrosión, pero medida de precaución se suele fijar dicha temperatura en 185°C.

Teniendo las temperaturas de entrada y de salida de los gases, el gasto másico y el rendimiento de las calderetas, es inmediato el cálculo de la energía aprovechable en para la producción de vapor. Se suele instalar una caldereta por cada conducto de exhaustación, es decir, por cada motor.

Silenciadores

A continuación de las calderetas, en la línea de exhaustación se instalan silenciadores para atenuar el ruido que genera este sistema. Este aspecto es especialmente importante en buques de pasaje, donde el comodidad y el confort de los pasajeros cobra mucha más importancia que en otro tipo de buques.

Un buen cálculo y diseño de este sistema es esencial para conseguir que este sea silencioso.

Ventilación de cámara de máquinas

El sistema de ventilación de cámara de máquinas cumple tres funciones principales:

- Abastecer a los motores principales de aire para la combustión.
- Refrigerar en cierta medida los equipos instalados, manteniendo la temperatura por debajo un límite establecido.
- Renovar el aire de cámara de máquinas para asegurar un ambiente respirable para personas.

El aire que entra en cámara de máquinas debe estar libre de partículas de agua, polvo, arena, humo.. etc. Existen una serie de requisitos de seguridad que se deben cumplir siempre:

- Ninguna tubería que pueda contener líquidos inflamables deberá estar cerca de los filtros de entrada.
- La caída de presión de diseño máxima en el sistema de filtración externo será de 10 mbar.
- La concentración de polvo después del sistema de filtración externo no deberá superar los 3 mg/m³ de aire.

Abastecimiento de aire de combustión

Normalmente los motores obtienen el aire necesario para la combustión de la cámara de máquinas a través del filtro situado en la admisión de la turbosoplante. Las tomas de aire deben ser emplazadas de manera que se evite la entrada de partículas nocivas.

La temperatura del aire de combustión debe mantenerse entre los 15°C y lo 35°C, estos son valores típicos aunque podría variar en función de lo que recomiende el fabricante del motor que se vaya a instalar. Se debe de suministrar aire en exceso, para evitar una situación de subalimentación que provocaría una combustión incompleta.

El caudal de aire para la combustión se calcula fácilmente a partir de la información facilitada por los fabricantes del caudal de aire necesario para cada motor y el número de motores que dispongas.

Aire para la disipación de calor

El aire introducido en la cámara de máquinas sirve también para disipar el calor que generan los diferentes equipos. Para calcular este caudal de aire hay que hacer un balance de energía teniendo en cuenta la emisión de calor de cada equipo, una temperatura desfavorable de aire de entrada del exterior y una temperatura máxima del aire dentro de cámara de máquinas.

Necesidades de renovación

Para que las condiciones del aire de cámara de máquinas sean adecuadas, se suelen considerar necesarias 25 renovaciones de aire por hora, más dos por cada motor que haya.

Hay que hacer los cálculos para cada buque, pero por norma general el caudal de aire necesario para la disipación de calor suele ser mayor que el caudal necesario para la renovación de aire, por lo que casi siempre se dimensionarán los ventiladores en función del primero.

Planta de ventiladores

Para conseguir el correcto suministro y exhaustación de aire, se instalan varios ventiladores en cámara de máquinas y resto de espacios.

Cada motor tiene su propio ventilador de aire de combustión, con una capacidad ligeramente superior a la máxima demanda de aire. El ventilador debe estar accionado por un motor eléctrico de mínimo dos velocidades o de velocidad variable para tener flexibilidad en función de las necesidades del motor. Además por cada ventilador hay que instalar extractores capaces de extraer el aire introducido en cada local. A la hora de hacer los cálculos se considera que los extractores consumen la misma potencia que los ventiladores.

2.3 Consumo de combustible

El consumo específico de combustible varía en cada motor de cada fabricante, pero la gran diferencia de consumo viene dada por el tipo de motor. De manera que se pueden agrupar en tres tipos diferentes independientemente del fabricante, el consumo específico de combustible será muy similar en todos los motores de cada grupo:

- Motores lentos: Su velocidad de giro va desde 80 rpm hasta 300/400 rpm. Se utilizan como motores propulsores y son los de menos consumo específico, permitiendo el uso de fuel oil pesado de alta viscosidad.
- Motores semirápidos: Una velocidad de giro entre 300/400 rpm y 1000 rpm. Se utilizan como motores propulsores y generadores de electricidad. Usan fuel oil o diésel oil. Aunque actualmente el desarrollo de estos motores permite su uso con fuel oil de alta viscosidad también.
- Motores rápidos: Su velocidad de giro es de más de 1000 rpm, se usan como motores generadores o en buques de poco tamaño como motores propulsores. Debido a que queman gas oil, su uso en la marina mercante y buques de mediano o gran tamaño es muy reducido.

Los motores lentos tienen unos consumos específicos menores y son más robustos los semirápidos, por lo que su mantenimiento es más barato y tienen menos averías. El inconveniente principal es que su peso es mucho mayor, a continuación se muestra un ejemplo concreto:

- Motor semirápido de cuatro tiempos: Wartsila W46 12V46
 - Potencia: 12.600 kW

- Peso: 169 t
- Motor lento de dos tiempos: MAN 5 L60ME-C
 - Potencia: 11.700 kW
 - Peso: 286 t

El coste inicial de un motor lento es mayor que el de uno semirápido de potencia equivalente, tanto del motor en sí mismo como de los equipos asociados. Además los motores semirápidos tienen un control de emisiones, una flexibilidad de maniobra y unos cambios de velocidad y carga mucho mejores que los motores lentos.

Además del motor propulsor, que es el principal consumidor de energía del buque, hay que resaltar los motores generadores de los grupos auxiliares como el segundo consumidor de energía.

El buque es autónomo en su funcionamiento y necesita energía para sus equipos y servicios, tanto cuando está navegando como cuando el equipo propulsor está parado. Esta energía se suministra principalmente como energía eléctrica y en segundo lugar y en mucha menor proporción como energía térmica para generación de vapor o calentamiento de aceite como ya se ha visto en apartados anteriores.

Para calcular la potencia requerida y dimensionar los motores auxiliares (lo cuales son en la mayor parte de los casos semirápidos) se hace un balance eléctrico para las diferentes condiciones de navegación, crucero, maniobra y puerto con operaciones de carga y sin ellas. Este balance se explica en profundidad en el apartado 2.6.

Los buques más modernos están equipados con los denominados “generadores de cola” que consisten en generadores eléctricos conectados al generador de cola mediante equipos multiplicadores y que pueden estar engranados o no. Estos equipos suministran la energía eléctrica cuando el buque está en navegación de crucero. El principal problema que presentan estos sistemas generadores de cola es que deben trabajar en un margen de revoluciones muy estrecho, lo que hace que si el buque lleva hélices de paso fijo su uso se limite si las condiciones del mar son variables.

El problema se soluciona en gran medida en los equipos propulsores dotados de hélices de paso controlable, capaces de navegar en condiciones de revoluciones constantes, absorbiendo las variaciones de resistencia y por tanto de potencia requerida, variando el paso de las hélices en vez del variar las revoluciones.

Tipos de combustible

En buques de mediano y gran tamaño se usan principalmente dos tipos de combustible, el “diésel oil” y el “fuel oil”, quedando limitado el uso de “gas oil” a motores rápidos de poca potencia para

generación de energía eléctrica y en buques de recreo.

En la siguiente tabla se recogen los combustibles más comunes a día de hoy:

Nombre	Denominación ISO Viscosidad	Composición	Máximo contenido de azufre	Contenido medio de azufre
Fuel oil 380 (IFO 380)	MRG35 360cst	98% aceite residual 2% aceites destilados	4,50%	2,67%
Fuel oil 180 (IFO180)	RME25 180cst	88% aceite residual 12% aceites destilados	4,50%	2,67%
Diesel oil marino	DMB	Aceites destilados con muestras de aceite residual	2%	0,65%
Gas oil marino	DMA	100% aceites destilados	1,50%	0,38%
Según el anexo VI de MARPOL el contenido máximo de azufre será del 4,5 % Cst= centiestokes				

Tabla 4 Tipos de combustibles marinos
Fuente: EXXON

La proporción de consumo entre fuel oil y diésel oil en los puertos españoles de 82% y 18% respectivamente. Sin embargo esa relación en el mundo es de 77,35% y 24,5% respectivamente.

Las potencias caloríficas son las siguientes:

- Fuel Oil: 40.000-40.500 kJ/kg
- Diésel Oil: 42.000-42.500 kJ/kg

Potencia instalada

En ese apartado se va dar una visión general de la potencia instalada en buques agrupados por tipos, y para en el apartado siguiente se van a mostrar los consumos de combustible por kW de potencia y así tener una idea general del consumo de combustible de los diferentes buques y motores.

Según un estudio (Entec) publicado por la “European Commision Directorate General Enviroment”, la relación entre potencia propulsora y de generadores en función del tamaño de barco de manera general es la siguiente:

Pequeño Mediano Grande

Potencia instalada de motores principales	84%	88%	91%
Potencia instalada de motores auxiliares	16%	12%	9%
Potencia total instalada	100%	100%	100%

Tabla 5 Proporción de potencia instalada en MPs y MAs por tamaño de buque
Fuente: ENTEC

Esta distribución no tiene en cuenta el tipo de barco, sino su tamaño. En las siguientes dos tablas se muestra como se han dividido los tres tamaños de buque en función de sus motores propulsores y generadores.

	Pequeño	Mediano	Grande
Clasificación de tamaño por potencia de MPs	MP<6000Kw	6000kW<MP<15000kW	15000kW<MP
Fracción de buques con motores lentos diésel instalados	48%	58%	55%
Flota Europea >500GT	55%	35%	10%
Flota Mundial >500GT	60%	30%	10%

Tabla 6 Clasificación de la flota por potencia instalada de MPs
Fuente: ENTEC

	Pequeño	Mediano	Grande
Clasificación de tamaño por potencia de MAs	MA<1000kW	1000kW<MA<2000kW	2000kW<MA

Flota Europea >500GT	33%	33%	33%
Flota Mundial >500GT	10%	25%	65%

Tabla 7 Clasificación de la flota por potencia instalada de Mas
Fuente:ENTEC

Por otro lado se representa en la siguiente tabla, según un estudio de “EnerTrans” sobre emisión asociadas al transporte marítimo, los valores medios de potencia propulsora instalada, frente a potencia de generadores por tipos de buque:

Tipo de buque	Motor principal	Motores generadores
Tanques	8.177	1.750
Graneleros	6.488	1.100
Portacontenedores	16.547	2.800
Carga general	3.840	1.000
RO-RO/Ferry/Carga	8.460	1.645
Pasajeros	8.554	8.554

Tabla 8 Potencia propulsora y de motores generadores por tipo de buque en kW
Fuente: EnerTrans. Universidad de Oviedo

Para la realización de esta tabla, se han tenido en cuenta los datos de los buques que entraron en puertos españoles durante el año 2005.

En el caso de los buques de pasajeros la potencia de “motor principal” es igual a la de “motores generadores”, esto refleja que en la mayoría de los buques crucero se instalan configuraciones “diésel-eléctrica” de manera que todo lo que producen los motores principales se transforma en electricidad y después se distribuye a los motores-hélice tipo POD eléctricos y el resto de necesidades del buque, como ya se ha explicado en el apartado 2.2.

En la siguiente tabla se muestra la potencia propulsora y de generadores instalada por tipo de buque, pero considerando toda la flota mundial en el año 2002, obtenida de los datos recopilados por el estudio de James J Corbett “Estimation, validation and forecasts of regional comercial marine vessels inventories” del año 2007:

Tipo de buque	Motor principal	Motores generadores
Tanques	9.409	1.985
Graneleros	7.954	1.169
Portacontenedores	30.885	5.746
Carga general	9.331	1.777
RO-RO	10.696	2.156
Pasajeros	39.563	39.563

Tabla 9 Potencia propulsora y de motores generadores de la flota mundial

Fuente: EnerTrans. Universidad de Oviedo

De las dos tablas anteriores se ve reflejado que el tamaño de los barcos que entran en puertos españoles es de media bastante menor que el tamaño medio de los buques de toda la flota mundial. La mayor diferencia se da en los buques de pasajeros.

Consumo específico de combustible

Teniendo ya una idea aproximada de la potencia que requieren los diferentes tipos de barco, en este apartado se van a mostrar datos de consumos específicos de combustible, es decir, gramos de combustible por kW de potencia entregada. Tanto de los motores propulsores como de los motores generadores (auxiliares).

Según los datos del documento “ENTEC 2002” se obtienen para el año 2000 los siguientes consumos específicos del motor propulsor por tipo de buque y etapa, consumiendo fuel oil:

Consumos específicos (g/kWh)			
Tipos de buques	Crucero	Maniobra	Puerto
Tanques	210	230	
Bulkcarriers	203	223	
Carga general	202	222	
Porta contenedores	199	219	
Ro-Ro	210	230	
Pasajeros	217	227	227

Tabla 10 Consumos específicos por tipo de buque

Fuente: ENTEC

El consumo de los motores auxiliares se estima en 217 g/kWh de diésel oil. El incremento de consumo deriva de que la diferencia de potencia calorífica de estos combustibles es del 4.5%.

Hay que tener en cuenta que en 18 años, la tecnología ha mejorado en muchos aspectos y también en términos de eficiencia, por lo que hoy en día los consumos específicos son más bajos para todos los tipos de buque.

Para analizar esta evolución de los motores lentos, se ha puede tomar como referencia la evolución de los motores Wartsila, uno de los principales fabricantes de motores de buques:

Parameters of Wärtsilä low-speed engines

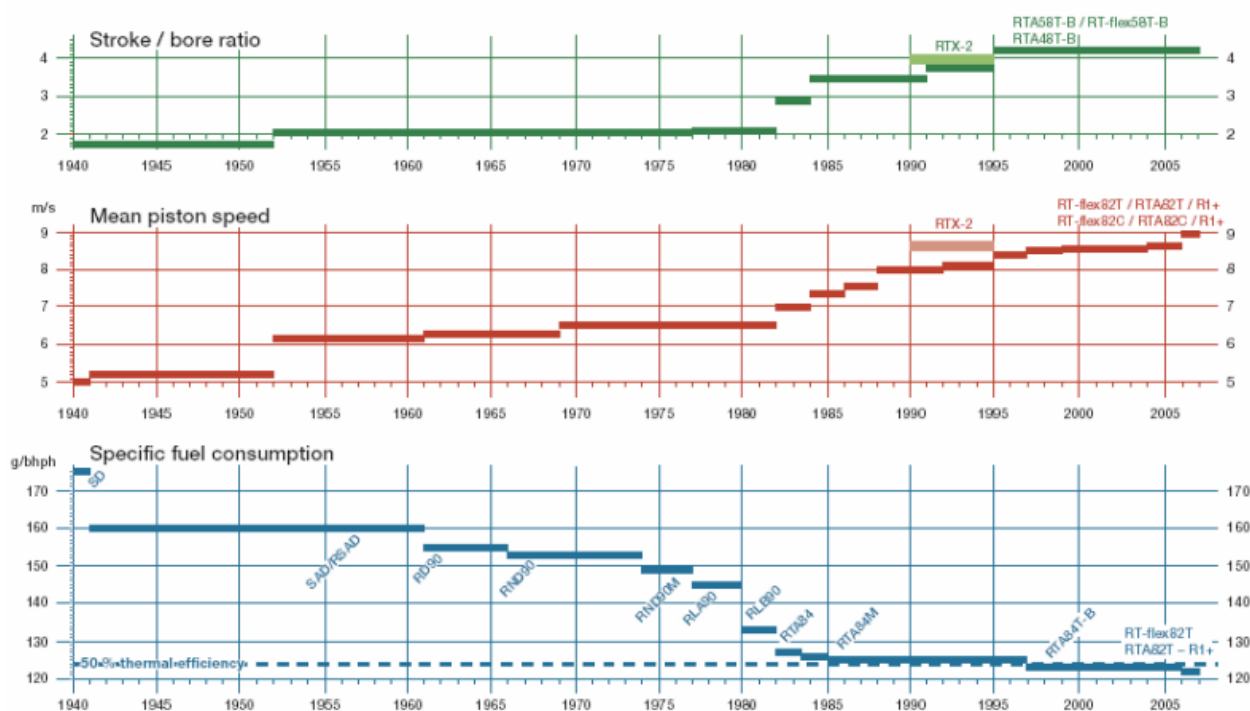


Figura 16 Evolución de parámetros de motores Wartsila
Fuente: Wartsila

Para analizar la evolución de los consumos específicos de los motores semirápidos, se toma de referencia la evolución de los motores de la serie 32 de Wartsila desde 1994 hasta 2007.

Año	Modelo	Consumo específico (g/kwh)
1994	Vasa 32LN	181 g/kWh
1996	Wärtsilä 32(B)	176 g/kWh
2007	Wärtsilä 32(C)	171 g/kWh

Tabla 11 Evolución del consumo específico en motores semirápidos
Fuente: Wartsila

Teniendo en cuenta la variación de la flota entre el año 2000 y el año 2007, según datos de las Naciones Unidas (Informe UNCTAD 2000 y 2007) y los datos de evolución de los consumos específicos tanto de los motores lentos como de motores semirápidos, se obtiene una mejora del consumo específico que varía en el 6.2% de los buques tanque y el 2.9% de los buques de carga general, con una media estimada del 4%.

Consumos específicos (g/kWh)			
Tipos de buques	Crucero	Maniobra/Precaución	Puerto
Tanques	201	220	
Bulkcarriers	195	215	
Carga general	194	214	
Porta contenedores	191	211	
Ro-Ro	202	222	
Pasajeros	208	217	217

Tabla 12 Consumos específicos de referencia por tipo de buque
Fuente: EnerTans. Universidad de Oviedo

Motores auxiliares; 208 grs/kWh de diésel-oil o 217 g/kWh considerando fuel-oil. El poder calorífico medio del fuel-oil es de 40.000-40.500 kJ/kg y la del diésel-oil es de 42.000 -42.500 kJ/kg.

Emisiones de gases de efecto invernadero

En el tercer estudio sobre los gases de efecto invernadero de la OMI de 2014, se calculó que el transporte marítimo internacional emitió 796 millones de toneladas de CO₂ en 2012, frente a 885 millones de toneladas en 2007. Esto representó el 2,2% de las emisiones mundiales de CO₂ en 2012, frente al 2,8% en 2007. En este estudio se pronostica también que las emisiones e CO₂ del transporte marítimo aumentarán entre un 50% y un 250% antes del 2050.

El índice de eficiencia energética de proyecto para los nuevos buques y las medidas operacionales sobre la eficiencia energética para los buques existentes pasaron a ser obligatorias en 2013 con la entrada en vigor de las enmiendas pertinentes del anexo VI del Convenio MARPOL. Las enmiendas contienen prescripciones obligatorias para los buques de 5.000 TB o más sobre el registro y comunicación de datos acerca de su consumo de combustible, así como de datos adicionales sobre equivalentes del trabajo de transporte realizados por el buque.

En cuanto a emisiones de óxidos de nitrógeno en la OMI se han adoptado medidas para exigir a los buques que gradualmente reduzcan las emisiones de NO_x por debajo de ciertos niveles. Las prescripciones de control se aplican a los motores diésel marinos instalados de más de 130 kW de potencia de salida y se aplican diferentes niveles de control en función de la fecha de construcción del buque. Por ejemplo, los límites del nivel III que se aplican a los buques construidos a partir del 1 de enero de 2016, son cerca de un 70% más bajos que los del nivel II.

Para las emisiones de óxidos de azufre MARPOL fija unos umbrales de contenido de SO_x en los combustibles marinos, con los que se lleva el límite máximo mundial de azufre del 4.5% de antes de 2012 al 3.5% a después del 2012. Se prevé reducir el límite mundial a 0.5% a partir de 2020.

2.4 Equipos y servicios generales del buque

En este apartado se van a definir los distintos equipos y servicios de un buque que son necesarios instalar para cumplir con lo exigido en el reglamento, tratándose de los servicios del buque que no son los de cámara de máquinas o de propulsión.

Los equipos generales de un buque se agrupan en los siguientes tipos:

- Equipos de fondeo, amarre y remolque.
- Equipos de salvamento.
- Equipos de gobierno.
- Equipos de navegación y comunicaciones.
- Equipos de ventilación, extracción, calefacción y aire acondicionado.

Por otro lado, entre los distintos servicios que se van a analizar son los siguientes:

- Servicio de sentinas.
- Servicio de lastre.
- Servicio de baldeo y contraincendios.
- Servicios sanitarios.
- Servicios de aguas grises y negras.

A la hora de analizar los equipos que es necesario instalar en un buque hay que tener en cuenta principalmente las reglas de la sociedad de clasificación, por ejemplo Bureau Veritas, las exigencias del SOLAS y el reglamento MARPOL.

Equipos de fondeo amarre y remolque

Los equipos de fondeo amarre y remolque se definen en base a un parámetro denominado “numeral de equipo” y depende de diferentes características geométricas del barco. El numeral de equipo sirve para posteriormente según lo indicado en el reglamento, saber las dimensiones y características de los equipos de fondeo, amarre y remolque que son necesarios instalar en el buque. Por ejemplo, las dimensiones y cantidad de anclas y cadenas.

Son necesarios multitud de elementos para el funcionamiento de este “sistema” pero en este caso se va a centrar la atención únicamente en los equipos que consumen energía.

Molinete

Es el equipo encargado de largar y llevar el ancla. Si se tiene más de un ancla, se puede instalar uno por cada ancla o molinetes biancla. El accionamiento puede ser eléctrico o hidráulico, bien de alta o de baja presión. Para el cálculo de su potencia, hay que tener en cuenta que debe ser capaz de llevar el ancla y la cadena, a la vez que debe vencer el poder de agarre del ancla.

Chigres de amarre

Son equipos muy similares al molinete, tornos horizontales o verticales que giran para recoger o soltar las estachas de amarre en las situaciones de puerto. Para calcular la potencia de estos equipos se tiene en cuenta cuántos de ellos se van a utilizar simultáneamente y con cuantos amarres. El Bureau Veritas recomienda que la tensión de izado no sea superior a $1/3$ de la tensión de rotura de la estacha, y que la tensión de trabajo continuo no sea superior a 1,5 veces la tensión de izado. Por eso la tensión de diseño de los chigres suele ser 0,5 veces la tensión de rotura de la amarra.

A partir de la tensión la velocidad de giro y el radio del tambor se puede calcular la potencia necesaria para cada chigre. El accionamiento en buques medianos y grandes suele hacerse mediante una central hidráulica con electrobombas.

Equipos de salvamento

Los equipos de salvamento que son necesarios instalar en un buque vienen especificados en el convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, conocido como SOLAS. También hay que cumplir lo recogido en el Código Internacional de Seguridad Contra incendios y el Código Internacional de Dispositivos de Salvamento.

Los equipos de salvamento se pueden clasificar en cuatro grandes grupos:

- Embarcaciones de salvamento.
- Medios de embarque y puestos de reunión.
- Dispositivos individuales de salvamento.
- Dispositivos radioeléctricos de comunicación.

Solamente los dispositivos radioeléctricos de comunicación necesitan energía eléctrica para su funcionamiento, pero prácticamente todos son portátiles y se alimentan mediante una fuente de energía independiente al resto del barco. Además la cantidad de energía que necesitan para su funcionamiento es despreciable frente a la mayoría de equipos del buque.

Equipos de gobiernos y maniobra

No todos los buques tienen la misma configuración de equipos de gobierno y maniobra, pero por lo

general este grupo está compuesto por:

- Hélices propulsoras.
- Hélices de maniobra.
- Aletas estabilizadoras.

Sobre el sistema propulsor ya se ha hablado en el apartado 2.2, en este apartado se van a comentar las hélices de maniobra y las aletas estabilizadoras.

Hélices de maniobra

Son las hélices que se instalan en la parte de proa del buque. Van orientadas en dirección transversal al buque para propulsar hacia los lados y mejorar su maniobrabilidad.



Figura 17 Motores laterales de proa

En los casos de buques que en vez de instalas líneas de ejes propulsores, instalan PODs que son orientables 360°, las hélices de maniobra le dan la posibilidad de moverse de lado completamente, mejorando la precisión y optimizando los tiempos de maniobra.

Los motores de accionamiento de las hélices de maniobra son de tipo eléctrico, de corriente alterna. Por lo general se instalan hélices de paso variable para no tener que alterar las revoluciones del motor eléctrico y simplificando la instalación eléctrica al no necesitar variadores de frecuencia. El dimensionamiento de estos equipos se suele realizar en función del área lateral proyectada, tanto por encima como por debajo de la línea de flotación, basándose en la experiencia acumulada en buques de similares características al que se esté proyectando.

Aletas estabilizadoras

Estas aletas no se instalan en todos los buques, su función es reducir los balances y movimientos indeseados, para conseguir una mejora del confort del pasaje. Por lo tanto, estos elementos se suelen instalar sobre todo en buques de pasaje, sobre todo en los de tamaño medio y pequeños buques. Son estos los más afectados por el oleaje, para grandes cruceros no suelen ser necesarias las aletas estabilizadoras.

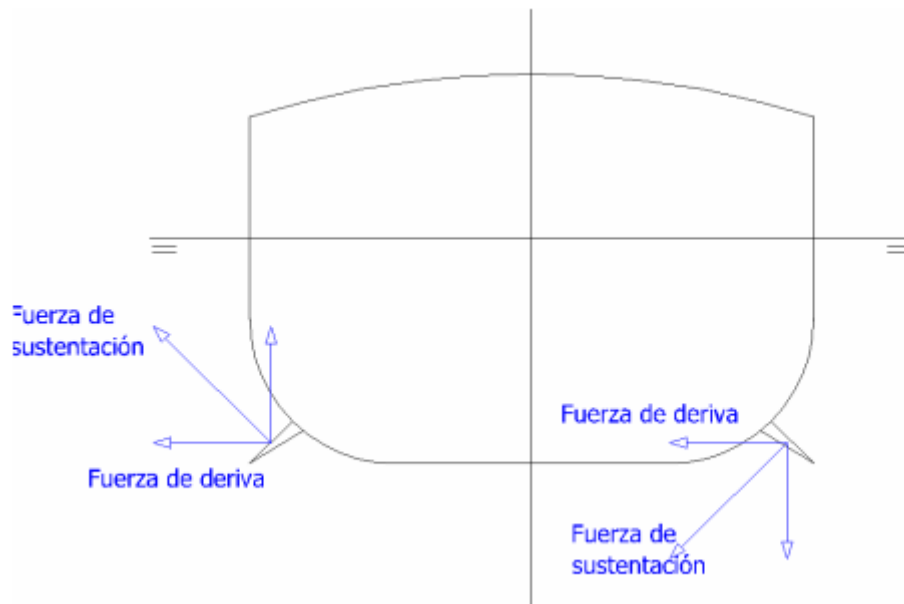


Figura 18 Desglose de fuerzas en aletas estabilizadoras

Su principal funcionamiento se basa en la oposición al balance propio del buque que se genera mediante la sustentación dinámica, no siendo efectivas a bajas velocidades. El efecto de reducción de balance mediante un par resistente que se opone al movimiento se consigue accionando las aletas en las dos bandas del buque. La fuerza de sustentación depende principalmente del tipo de perfil, de la razón de envergadura de este, de la superficie de la aleta de la velocidad del flujo incidente. Estos equipos los diseñan y distribuyen fabricantes especializados.

Para el accionamiento de las aletas es necesario instalar:

- Bombas electrohidráulicas de 40 kW aproximadamente para buques medianos, una por cada aleta.
- Bombas de refrigeración de aceite.
- Tanques de compensación de aceite.

Equipos de navegación y comunicaciones

Equipos de navegación

Existen multitud de equipos de navegación y comunicación. A continuación se nombran los principales que se suelen instalar en la mayoría de los buques:

- Compas magnético magistral.
- Compas giroscópico de cuatro repetidores.
- Piloto automático con control sobre la propulsión.
- Radares.
- Ecosonda y unidad indicadora de profundidad.
- Sistema de navegación por satélite (DGPS).
- Manómetro.
- Radiogoniómetro automático.
- Receptor de cartas meteorológicas.
- Repetidor principal y repetidores locales.
- Selector de rumbo.
- Panel de control del piloto automático.
- Interruptor de selección entre piloto automático o piloto manual.
- Alarma de desvío de rumbo.

Equipos de comunicaciones exteriores

Es necesario que el buque cumpla con las normas de las GMDSS (Global Maritime Distress Safety System) que determina que equipos de comunicaciones con el exterior hay que instalar:

- Equipos de radiocomunicaciones.
 - Estación radiotelegráfica. Una instalación principal y otra de reserva, eléctricamente independientes y separadas.
 - Estación radiotelefónica de ondas métricas. Debe estar en el puente de navegación y al alcance del puesto de derrota. Además debe disponer de una fuente de energía de reserva situada también en la parte alta del buque y capaz de hacer funcionar la estación durante 6 horas.

- Servicio de escucha radiotelegráfica.
- Equipos de alimentación eléctrica a los equipos de radiocomunicaciones.
- Dispositivos radioeléctricos de salvamento reglamentarios para botes salvavidas.
- Aparatos radiotelefónicos de salvamento.
- Transpondedores de radar.
- Lámparas de señales diurnas.

Equipos de comunicaciones interiores

Para poder asegurar el correcto funcionamiento y la rapidez de respuesta del buque, es necesario disponer de un sistema de comunicaciones interiores del buque entre sus distintas partes. Se suelen instalar los siguientes sistemas:

- Telégrafos de órdenes a máquinas. Se suele instalar uno por cada hélice propulsora y por cada motor principal.
- Altavoces de maniobra. Permiten la comunicación directa entre las diferentes partes del buque.
- Teléfonos automáticos.
- Teléfonos autogenerados. Comunican todos los puestos de control entre ellos.
- Equipos de megafonía, timbres y alarmas.
- Equipos de televisión.

Equipos de ventilación, extracción, calefacción y aire acondicionado

Ventilación

A la hora de diseñar este sistema, es preciso tener en cuenta las indicaciones sobre medidas contraincendios que se refieren a la ventilación del buque. Los requisitos que son necesarios cumplir vienen recogidos las reglas 4 y 5 del Capítulo II – del SOLAS.

Este sistema de ventilación es independiente al de ventilación de cámara de máquinas que se ha visto en el apartado anterior, aplica al resto de espacios del buque. Es especialmente importante en buques de pasaje, donde la zona de habilitación es la parte más grande del buque y la demanda de ventilación es mucho mayor.

Para evitar la propagación de incendios, las entradas y salidas de aire de todos los sistemas de ventilación podrán cerrarse desde el exterior del espacio en cuestión. Los medios de cierre, además de ser fácilmente accesibles, tienen que estar señalizados e indicar en todo momento si se encuentran cerrados o abiertos. Además se tiene que diseñar el sistema de manera que desde cualquier puesto contraincendios se puedan detener todos los ventiladores del sistema.

Extractores

Este sistema se encarga de la extracción de humos tanto en cámara de máquinas como en espacios de habitación. Y también está recogido en el SOLAS las reglas que se deben cumplir en lo referente a la extracción de humos.

Calefacción y aire acondicionado

La calefacción y el aire acondicionado se engloban dentro del sistema de climatización del buque, encargados de garantizar el confort. Adquiere más peso en buques de pasaje, porque el confort en estos buques es más importante y porque existen muchos más espacios que necesitan climatización.

Para dimensionar el sistema de climatización se calculan dos situaciones usando valores desfavorables:

- Situación de verano: 35°C y 80% de humedad relativa como condiciones exteriores. Mediante el sistema de climatización se mantendrá en el interior del buque una temperatura de 25°C y una humedad relativa del 50%.
- Situación de invierno: -5°C y 70% de humedad relativa como condiciones exteriores, obteniéndose en el interior del buque mediante el sistema de climatización una temperatura de 22°C y una humedad relativa del 50%.

Para la climatización, se suele utilizar un 50% de aire nuevo para espacios públicos y un 100% en camarotes. Las renovaciones de aire por hora, varía en función del tipo de espacio, la densidad de ocupación y el tipo de actividad que se desarrolla en su interior. En la siguiente tabla se muestran valores típicos de las veces que se renueva completamente el aire de una determinada estancia en el intervalo de tiempo de una hora (renovaciones/hora).

Estancia	Renovaciones/hora
Camarote doble estándar (pasaje y tripulación)	18
Camarote doble suite (solo pasaje)	18
Camarote individual tipo suite(solo oficiales)	15
Camarote individual estándar (solo oficiales)	18
Camarote estándar cuádruple (solo tripulantes)	20
Pasillos	15
Troncos de escaleras	15
Comedores pasajes	18
Cocina	25
Comedor tripulación	18
Área recreo tripulación	18
Salones pasaje	18
Puente	18
Lavandería	18

Tabla 13 Renovaciones hora de referencia por tipo de espacio
Fuente: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales de Madrid

Este sistema está siempre dividido en diferentes unidades de ventilación distribuidas por cubierta y zona contraincendios. El objetivo de esta división es evitar que los mamparos estancos que delimitan estas zonas sean atravesados por conductos de ventilación, por el riesgo que esto conlleva para la propagación de incendios.

Servicio de sentinas

Es el sistema encargado de succionar de los diferentes espacios del buque, donde es necesario, el agua y aceite que se puede ir acumulando por fugas de los diferentes equipos y tuberías en su normal funcionamiento.

Se instalan pozos de sentinas en las zonas más bajas por cada espacio estanco, de manera que sea posible achicar cualquier espacio en cualquier condición de escora y trimado del buque. En cámara de máquinas, se suelen disponer pozos adicionales debido a la gran cantidad de equipos y tuberías.

Tanto el diámetro de tubería del colector principal de sentinas como de las aspiraciones vienen indicados por la normativa SOLAS y en el reglamento del Bureau Veritas mediante unas fórmulas. Las variables de estas fórmulas son; la eslora del buque, la manga de trazado y el puntal de cubierta de francobordo. Es decir las dimensiones del buque.

Para este servicio se necesitan dos tipos de equipos consumidores de energía eléctrica:

- Bombas de achique: Se suelen instalar bombas centrífugas para el funcionamiento habitual y además bombas alternativas de pistones, con peor rendimiento pero más fiables, que aseguren la aspiración en caso de que alguna de las bombas principales se descebe. El número de bombas de achique necesarias también viene recogido en el SOLAS.

La potencia necesaria de estas bombas se calcula con, el diámetro interior de las tuberías,

estableciendo un caudal mínimo y una presión de trabajo.

- Separadores de sentinas: El agua que se achica hay que pasarla por los separadores de sentinas para retirar los posibles restos de combustible y aceite antes de descargarla al mar. El contenido de partículas oleosas no puede superar las 15ppm.

Servicio de lastre

Todos los buques disponen de una serie de tanques de lastre dispuestos a lo largo de su eslora, con el fin de poder ajustarse a las diferentes situaciones de carga del buque, mejorando su estabilidad y comportamiento en el mar. El servicio de lastre debe ser capaz de llenar o vaciar cada uno de estos tanques de manera independiente. Para ello cada tanque ha de tener una tubería de llenado y vaciado por donde circula el agua en ambos sentidos y otra tubería de aireación para permitir la entrada o salida del aire.

Desde el punto de vista de definición del servicio de lastre en sí, este es muy similar al de sentinas. Las bombas deben ser autocebadas y su presión de trabajo no debe ser muy alta, ya que simplemente tiene que elevar el agua desde los tanques del doble fondo hasta el exterior. El tipo de bomba suelen ser las mismas que las de sentinas, esto permite reducir el número de bombas de respeto que se dejan para los casos de avería. Pero hay que señalar que ambos servicios son totalmente independientes.

El dimensionamiento de este servicio puede variar bastante en función del tipo de buque, por ejemplo en buques de pasaje las necesidades de lastrado y deslastrado son bastante reducidas, ya que el buque no presenta grandes variaciones en su situación de carga. Sin embargo en un buque carguero ocurre todo lo contrario, la necesidad de lastrado y deslastrado es muchísimo mayor debido a las grandes variaciones de carga que se dan en este tipo de buques.

Servicio de baldeo y contraincendios

Por cuestiones de seguridad, la regulación de los aspectos correspondientes a este servicio se recogen en el capítulo-II del SOLAS y sus objetivos son los siguientes:

- Prevención, medidas que hay que tomar para evitar que se provoque un incendio.
- Detección, en caso de provocarse un incendio que se detecte lo antes posible.
- Extinción, para extinguirlo lo antes posible.
- Reducción de los peligros para la vida humana, daños que se puedan producir al propio buque o a su carga y al medio ambiente.
- Facilitar a los pasajeros y tripulación medios de evacuación adecuados.

Dicho capítulo del SOLAS remite al Código Internacional de Sistemas de Seguridad Contraincendios, donde se detallan las características de los distintos equipos y sistemas

contra incendios que debe disponer el buque.

Todos los buques se dividen en diferentes zonas contra incendios, en cada una de ellas hay que instalar un sistema fijo de rociadores para extinción de incendios de tal manera que protejan todos los espacios de alojamiento y servicio. La cámara de máquinas debe disponer de un sistema independiente de extinción de incendios.

Por otro lado es necesario disponer tomas de mar de las cuales el sistema contra incendios aspira para asegurar que el colector principal tiene presión suficiente. Además mediante un equipo hidróforo se asegura que el sistema siempre tenga presión para asegurar un caudal de agua correcto en cualquier toma de agua. Del colector principal se alimentan las bombas que dan servicio a los diferentes compartimentos del buque, y en particular, en los que queda subdividida la cámara de máquinas. Además de él salen ramales que recorren todo el buque, finalizando en una válvula de cierre en cada una de las zonas en las que se subdivide el buque.

Los equipos que consumen energía eléctrica en este servicio son las bombas y el equipo hidróforo. El número de bombas y el caudal de agua que tienen que ser capaces de suministrar viene fijado por el SOLAS y depende del tipo de buque y de su tamaño. Como dato de referencia, por lo general es obligatorio que en todas las bocas para las mangueras la presión sea de 3.1 bar o superior y cada una de las bombas instaladas no debe tener nunca un caudal menor a 1/3 del 80% del caudal total conjunto del servicio.

El equipo hidróforo o equipo de presión, está formado principalmente por un tanque al que llega una tubería con aire comprimido, dos presostatos, una bomba y diferentes válvulas. Los presostatos miden la presión de entrada y salida del tanque, cuando la presión en la salida es menor de un valor fijado en el diseño (por ejemplo 6.5 bar) se activa la bomba del equipo para ajustar la presión al colector principal. Esta bomba tiene la particularidad de dar un caudal pequeño pero suficiente para mantener la presión. En caso de que se requiera un caudal mayor, se activa inmediatamente la bomba de emergencia.

El grupo hidróforo además suele servir para proteger de una posible subida de presión en las tuberías mediante una conexión al sistema de sentinas. Esta conexión se hace mediante una válvula de seguridad de apertura rápida, tarada a una presión concreta (normalmente 9 Bar). De manera que cuando la presión del sistema supera ese valor, la válvula se abre permitiendo el escape de agua al sistema de sentinas.

Servicio de agua sanitaria

Este servicio se encarga de abastecer con agua dulce sanitaria potable (fría, refrigerada y caliente) para dar servicio a las duchas, lavabo, bañeras, sanitarios y cocinas a bordo. Este es otro sistema que puede variar mucho su tamaño y complejidad en función del tipo de barco para el que se vaya a diseñar. En los casos de buques de pasaje donde el número de personas a bordo es elevado, este

sistema será complejo por la gran cantidad de ramificaciones que tendrá, tanto de alimentación como de retorno.

El servicio de agua dulce se extiende a lo largo de toda la vertical de buque, debiendo estar el circuito siempre bajo presión. Para ello se instalan una serie de tanque hidróforos y bombas de circulación que se encargan de la distribución.

La particularidad de este servicio es que adicionalmente a la circulación de agua dulce refrigerada existen dos subsistemas, el de agua fría y el de agua caliente. Al contrario que la mayoría de las instalaciones terrestres, estos dos últimos se suelen mantener circulando constantemente, de forma que al abrir el grifo se encuentra el agua a la temperatura deseada directamente. Con esto se consigue mejorar el rendimiento del circuito, a la vez que se reduce el consumo de agua.

Los elementos principales de este servicio son:

- Planta potabilizadora.
- Tanques hidróforos y bombas de alimentación.
- Circuito de agua sanitaria caliente.
- Circuito de agua sanitaria fría.

Para dimensionar este sistema se hace una estimación de la mayor demanda puntual de agua dulce sanitaria que puede darse. Estos son los valores típicos que se estiman para un buque de pasaje, se supone una punta de consumo de 10 minutos durante los cuales:

- 1/3 del pasaje consume 60 litros en las duchas lavabos e inodoros.
- 1/3 de la tripulación consume 30 litros en las duchas, lavabos e inodoros.
- 2/3 del pasaje consume 1,5 litros en los bares, fuentes, cocinas, etc.
- 1/2 de la tripulación consume 1,5 litros.

Por lo tanto para obtener el caudal necesario a suministrar por las bombas y la planta potabilizadora solo hay que multiplicar por el número de pasajeros y tripulación. De esta manera se deciden cuantas bombas y de cuanta potencia instalar para este sistema.

Servicio de agua grises y negras

De cara al dimensionamiento de los equipos de aguas grises y negras, se debe hacer una estimación inicial del volumen que será necesario tratar. En las plantas de tratamiento se instalan los equipos de proceso que tratan los residuos, descargando al mar las aguas suficientemente limpias. Por otro lado, todo aquello que no puede ser descargado se compacta, conduciéndose posteriormente a los

incineradores para ser quemado.

Aguas grises

El subsistema de aguas grises consiste en la recogida de agua de lavabos, duchas, cocinas y lavanderías principalmente. Este sistema funciona por gravedad, con una caída mínima de las tuberías de 3°. Esto asegura la descarga hasta los tanques de aguas grises sin necesidad de bombas, sin embargo obliga a diseñar el sistema de tuberías cuidadosamente, para no dar lugar a reboses.

Según el MARPOL se permite la descarga directa al mar de aguas grises, siempre y cuando el buque se encuentra a más de 10 millas de la costa y fuera de aguas restringidas.

Como valor típico se estima en 30 litros por persona y día la producción de aguas grises. Con esta estimación se dimensionan los tanques de aguas grises y se tiene en cuenta también para el dimensionamiento de la planta séptica, ya que en caso de llenarse los tanques y no poder descargar al mar, las aguas grises se tratan en la planta séptica, principalmente diseñada para el subsistema de aguas negras.

Aguas negras

Este subsistema es el encargado de recoger las aguas de los inodoros. El sistema de recogida de aguas negras se realiza mediante un sistema de vacío habitualmente, instalándose para ello unas bombas que conducen las aguas negras hasta la planta séptica donde se realiza su tratamiento. En este caso el valor estimado de producción de aguas negras por persona y día es de 20 litros.

Tanto para aguas negras como para aguas grises los equipos necesarios que consumen energía son bombas. Con los valores de producción por persona y día estimados en cada buque, se calcula y se dimensiona el tamaño y capacidad de la planta séptica y sus bombas en función del número de personas que pueden ir a bordo.

2.5 Planta eléctrica

Introducción

En este apartado se va a explicar el proceso de definición y dimensionamiento de la planta eléctrica de un buque, encargada de suministrar la electricidad suficiente para abastecer todos los consumidores del buque.

El tipo de propulsión que tenga el buque condiciona en gran medida el diseño de la planta eléctrica, pues en los casos en los que la propulsión es de tipo diésel-eléctrica, el consumo de electricidad de los motores suele suponer alrededor del 60% de la demanda total. Por lo tanto, de entrada el tipo de propulsión seleccionada para el buque condicionará el tamaño de la planta eléctrica. Para

dimensionar correctamente la planta eléctrica hay que evaluar el consumo eléctrico de todos los equipos del buque, evidentemente este consumo no es constante, por eso se considerarán las diferentes condiciones de navegación más representativas y se analizará el consumo para cada una. La situación que demande la máxima potencia será la que se deba emplear para definir la planta eléctrica a instalar, de forma que los grupos electrógenos que se escojan trabajen en un régimen adecuado.

Sin embargo no hay que obviar el resto de situaciones de menor demanda, porque son importantes de cara a la subdivisión de potencia. Normalmente no se instala un solo grupo electrógeno que dé toda la potencia, sino que se subdivide en varios grupos. De esta forma, dependiendo del consumo se tendrán en funcionamiento los grupos que sean necesarios, y cada uno de ellos estará trabajando en su régimen adecuado.

Por otro lado se encuentra el análisis de la condición de emergencia. En esta situación toda la potencia debe ser suministrada desde el generador de emergencia.

Balance eléctrico

El primer paso a la hora de realizar el balance eléctrico es realizar un listado de todos los consumidores que demanden energía eléctrica de la red del buque. Dichos consumidores se pueden agrupar en 9 grandes grupos en función de su servicio:

- Servicios auxiliares de maquinaria y propulsión.
- Servicios sanitarios, sépticos y otros auxiliares diversos.
- Equipos de maniobra.
- Auxiliares de cubierta, carga y elevación.
- Navegación y radio.
- Calefacción y ventilación.
- Servicio de habitación, cocina y lavandería y taller.
- Aire acondicionado.
- Alumbrado.

La demanda de energía va variando continuamente, por ello se analizan las situaciones de carga más representativas, de forma que si se asegura el suministro eléctrico en estas situaciones, en todos los estados intermedios también lo será. Las situaciones de carga a suponer dependen del tipo de buque sobre el que se vaya a hacer el balance, pero por ejemplo para buques de pasaje se suelen considerar las siguientes:

- Navegación diurna.
- Navegación nocturna.
- Maniobra.
- Buque fondeado.
- Estancia en puerto, en condiciones de hotel con todo el pasaje.
- Emergencia.

La principal diferencia entre la navegación diurna y nocturna se debe a que existe mayor carga de alumbrado en la segunda, no obstante se suele compensar con el descenso de actividad que se da en esta condición respecto a la diurna. Por otro lado las situaciones de fondeo y puerto también son muy similares, la diferencia está en que en puerto, el buque puede abastecerse de los servicios que este ofrece, en cambio cuando está fondeado tiene que ser completamente autónomo.

En la situación de maniobra se producen picos de consumo elevado cuando se emplean las hélices de maniobra. Por último la situación de emergencia se considera para dimensionar el grupo electrógeno de emergencia para que sea capaz de suministrar energía a los consumidores considerados como esenciales, en una hipotética situación de emergencia.

En cada una de las situaciones de navegación el consumo de cada equipo puede ser distinto, para tener esto en cuenta en el balance, se define el coeficiente de servicio y régimen (K_{sr}), al que se le da valores comprendidos entre 0 y 1 en función del grado de probabilidad de que un equipo esté trabajando a su máxima potencia. Se tienen en cuenta dos aspectos:

- El servicio del consumidor o conjunto de consumidores considerados, que representa la fracción de tiempo que se espera que esté funcionando en esa situación de carga.
- El régimen, sobre todo aplicable a motores, indica cual es la fracción de potencia previsible en el funcionamiento normal.

Se le da el valor de 0 para aquellos consumidores que no se utilizan, entre 0,2 y 0,5 para los consumidores de uso medio y si el consumidor tiene un funcionamiento continuo toma el valor de 0,8.

Además se define otro coeficiente, el de simultaneidad (K_n) que refleja si hay equipos de reserva. Por ejemplo si se disponen de 3 bombas de trasiego de combustible, pero una es de respeto, para que en el balance donde se manejan las listas de equipos completas no figure la de respeto como consumidora, habría que asignarle el valor a $K_n = 0,66$.

Con los resultados del balance eléctrico para todas las situaciones consideradas, ya se puede dimensionar la planta eléctrica, elección de los grupos electrógenos, definición del número y características de los transformadores y definición de los cuadros eléctricos y red de distribución.

Definición de la planta

Una planta eléctrica de un buque se compone de:

- Grupos electrógenos.
- Cuadros de distribución principal, secundarios y de emergencia.
- Red de distribución.
- Receptores.

El primer paso suele ser elegir el tipo de corriente y fijar la tensión y frecuencia de trabajo, así como el sistema de distribución a emplear.

En cuanto al tipo de corriente, actualmente no hay duda, siempre se emplea corriente alterna por los siguientes motivos:

- Tiene menor coste, peso y empacho de los motores eléctricos.
- Mayor robustez y mejor mantenimiento de los generadores y los motores.
- Posibilidad de alimentar el buque con la red del puerto.
- Permite emplear tensiones más elevadas, con el ahorro de cobre que conlleva.

Por lo general, cuanto mayor es la demanda de potencia eléctrica, más adecuado es emplear corriente alterna.

El siguiente paso es la elección de las tensiones y frecuencias de trabajo. Normalmente se definen tres redes de diferente tensión. En primer lugar, la red de alta tensión, que suministra a los equipos más potentes del buque, es necesaria alta tensión porque si no, los conductores de la red de distribución demandarían unas dimensiones desproporcionadas.

En cuanto a la red de baja tensión se divide en dos, red de fuerza y red de alumbrado. Los valores máximos de tensión para la red de baja tensión están estipulados en el reglamento de las sociedades de clasificación, atendiendo a la seguridad de la tripulación, pasajeros y el propio buque. Los valores máximos de tensión permitidos son 500V para la red de fuerza y 250V para la red de alumbrado.

Por lo tanto las alternativas para la red de fuerza son las siguientes:

- 380V a 50Hz.

- 440V a 60Hz.

Estas distribuciones corresponden con las que se emplean en tierra, donde existe la misma subdivisión dependiendo del país. La elección entre una opción u otra normalmente se hace en función de los puertos donde se prevé que va a atracar el buque, siendo preferible que coincida para poder conectarse al puerto al atracar, si es necesario.

Por último también existen un tipo de consumidores que demandan corriente continua a 24V. Para el suministro de esta red se suelen emplear unas baterías de acumuladores, que se cargan de la red trifásica, o de la monofásica mediante grupos transformadores-rectificadores.

3 CRUCERO MS WORLD EXPLORER

Después de haber analizado las necesidades y demandas de energía para buques de manera general, en este capítulo se va a realizar un análisis más concreto sobre los buques de crucero y se va a ver un caso concreto de un crucero que está actualmente en fase de diseño y construcción.

3.1 Introducción a los buques crucero Los buques crucero se caracterizan por estar destinados al transporte de un gran número de personas, pero no con el fin de trasladarlas de un punto a otro sino de que disfruten la estancia durante el viaje, el cual muchas veces es en anillo cerrado.

El diseño de este tipo de barcos puede llegar a ser bastante complejo y presentan un gran número de exigencias las cuales deben tenerse en cuenta, entre las principales cabe destacar:

- La habitabilidad y comodidad de espacios interiores y exteriores debe ser cuidada al máximo, ofreciendo al posible cliente una imagen atractiva que invite a la realización del viaje.
- Son buques con una velocidad elevada, por lo que la relación potencia/desplazamiento es alta. Además el número de consumidores eléctricos es mucho mayor que en otro tipo de buques, por lo que la potencia eléctrica que es necesario generar es muy elevada.
- Debe cumplir con un gran número de requisitos de seguridad en base a los reglamentos. Estos se centran en tres puntos fundamentales:
 - Seguridad contra incendios.
 - Seguridad contra inundaciones.
 - Seguridad de las personas en el caso de evacuación.

A la hora de afrontar el diseño de un crucero desde cero hay que tener en cuenta muchísimos aspectos impuestos por los diferentes agentes implicados, y como no se pueden abordar todos de golpe se siguen un proceso secuencial desde el anteproyecto inicial hasta la finalización del mismo. En la siguiente imagen se muestra un esquema de la espiral que se suele seguir a la hora de abordar este tipo de proyectos.



Figura 19 Espiral de fases de diseño y construcción de buques

Cabe destacar que cada una de las tres fases empieza y termina con los requisitos del armador, que en la mayoría de los casos también es la empresa propietaria y la que pone el dinero.

La linera morada representa el proyecto inicial del buque que se hace con el fin de conseguir un contrato de construcción del buque. Si sale adelante se hace una segunda revisión más a fondo del proyecto y que acaba siendo el contrato de construcción del buque. Finalmente con el contrato firmado, se concreta por completo el proyecto con todas las empresas implicadas en el diseño y la construcción del buque.

A continuación se van a exponer algunas de las estadísticas más relevantes obtenidas por la ETSIN de la Universidad Politécnica de Madrid, acerca de los cruceros a día de hoy.

En cuanto a las áreas geográficas del mundo que más tráfico de cruceros tienen se encuentran Caribe, California, Mediterráneo, el norte de Europa o el sur de Asia. En la siguiente tabla se muestra el ranking de los itinerarios de crucero que más pasajeros reciben anualmente:

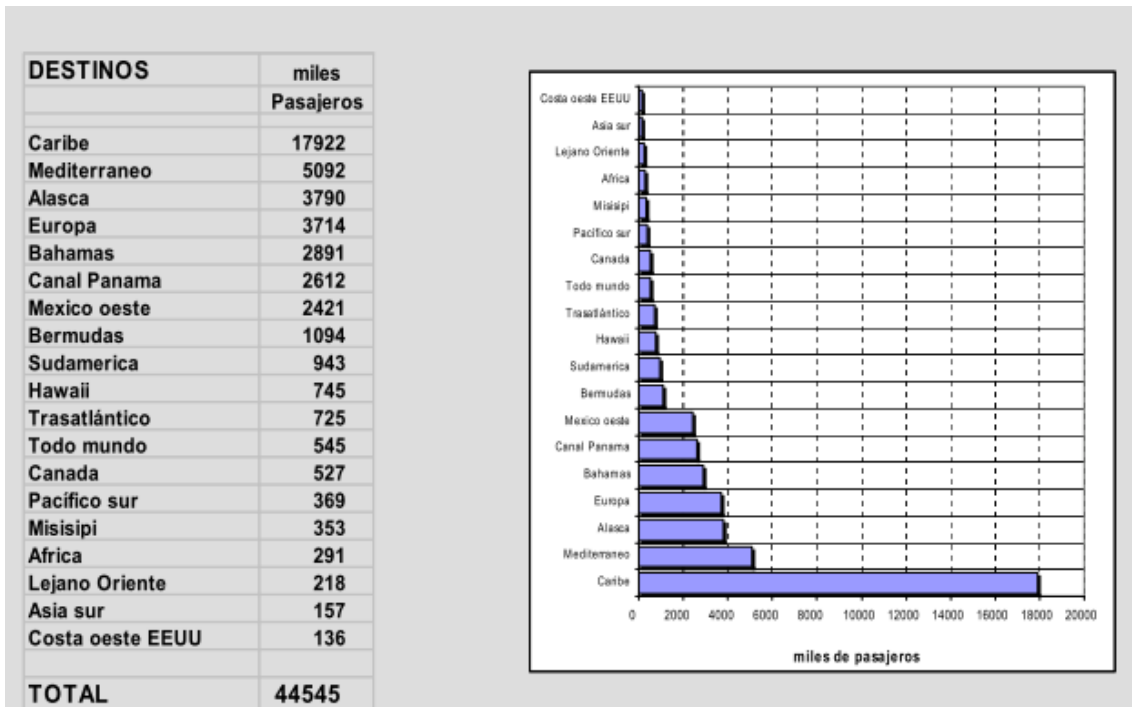


Figura 20 Clasificación de los destinos que más pasajeros de cruceros reciben
Fuente: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales de Madrid

En cuanto al país de procedencia de los pasajeros que disfrutan de este tipo de transporte, son los estadounidenses los que encabezan la primera posición por mucha diferencia.

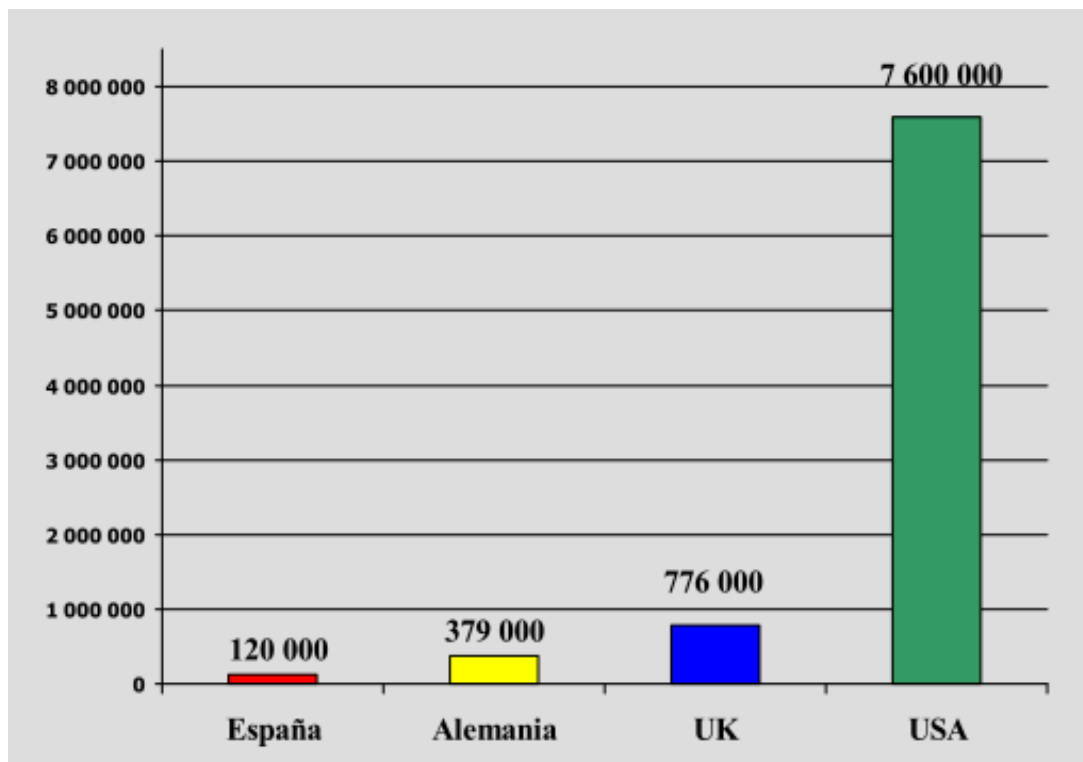


Figura 21 N° de pasajeros que viajan en crucero anualmente clasificados por países
Fuente: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales de Madrid

Si se clasifica toda la flota mundial de cruceros en tres tamaños y se agrupan de manera que se consideran pequeños los de 50 a 1000 pasajeros, medianos los de 1000 a 2000 pasajeros y grande aquellos que tienen capacidad para más de 2000 pasajeros, el siguiente gráfico muestra que la mayor parte de la flota la componen cruceros de tamaño pequeño o mediano.

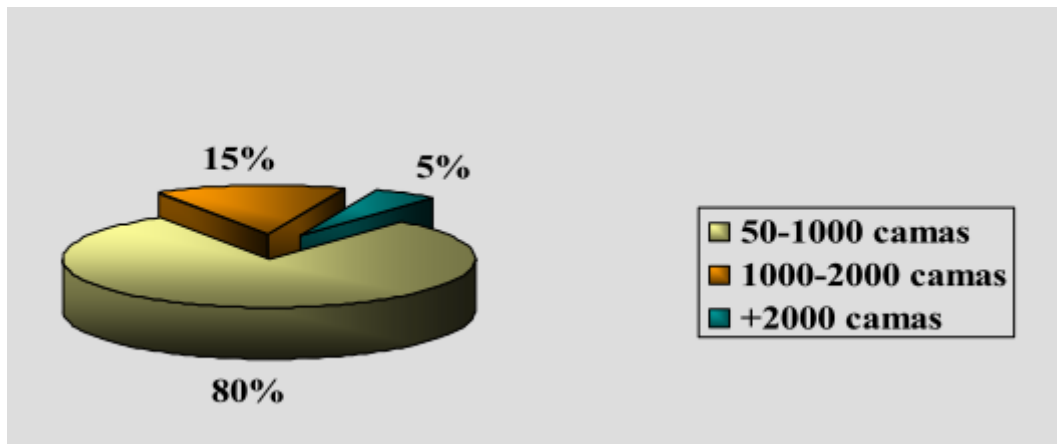


Figura 22 Clasificación de cruceros por nº de camas
Fuente: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales de Madrid

En el siguiente gráfico se muestran también el reparto de la flota por capacidad de pasaje pero clasificado por empresas navieras en vez de por tamaño. Se observa que prácticamente la totalidad de los buques y la capacidad de pasaje están repartidas en las cuatro principales empresas navieras.

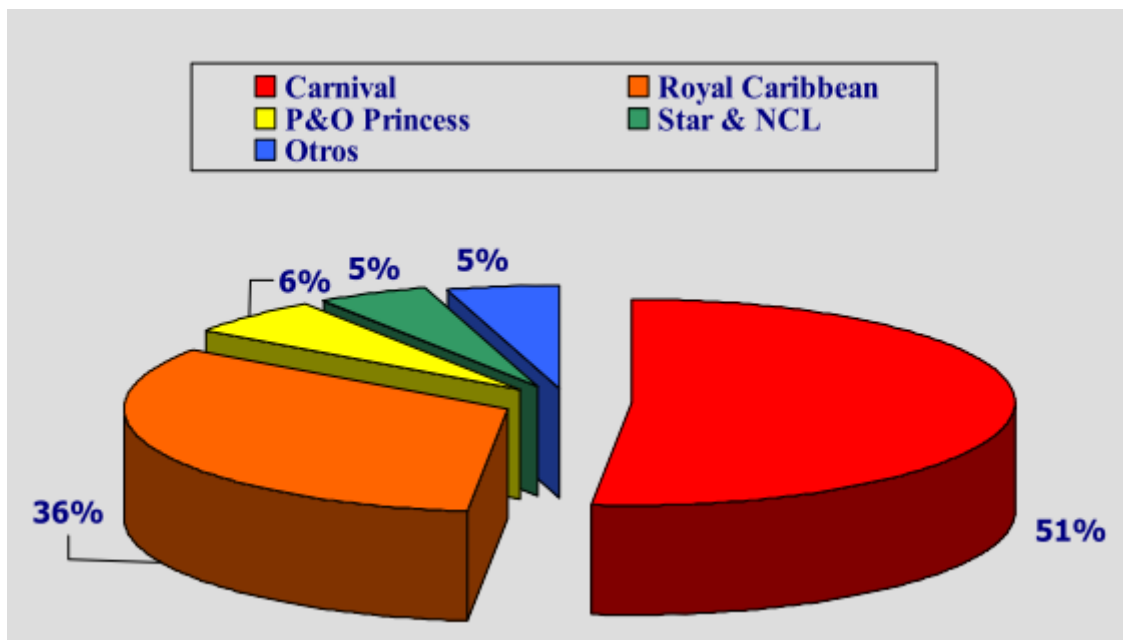


Figura 23 Distribución de la capacidad de pasaje por empresas navieras
Fuente: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales de Madrid

Destaca la capacidad de pasaje que tiene Royal Caribbean con algo más de la mitad sobre el total de todo el mundo. Dispone de una flota de 24 cruceros en servicio activo y otros 6 en construcción.

Además posee el crucero más grande de la historia con el nombre de “Harmony of the Seas” con capacidad para 6410 pasajeros, que fue construido en Francia por uno de los más importantes astilleros de cruceros del mundo, STX France.

Por último en el siguiente gráfico se muestra el reparto entre pasajeros y tripulantes en función del tamaño de los cruceros, donde se puede observar que la proporción no varía mucho en función del tamaño y se mantiene más a menos constante en algo menos de 1/2 de tripulantes por pasajero.

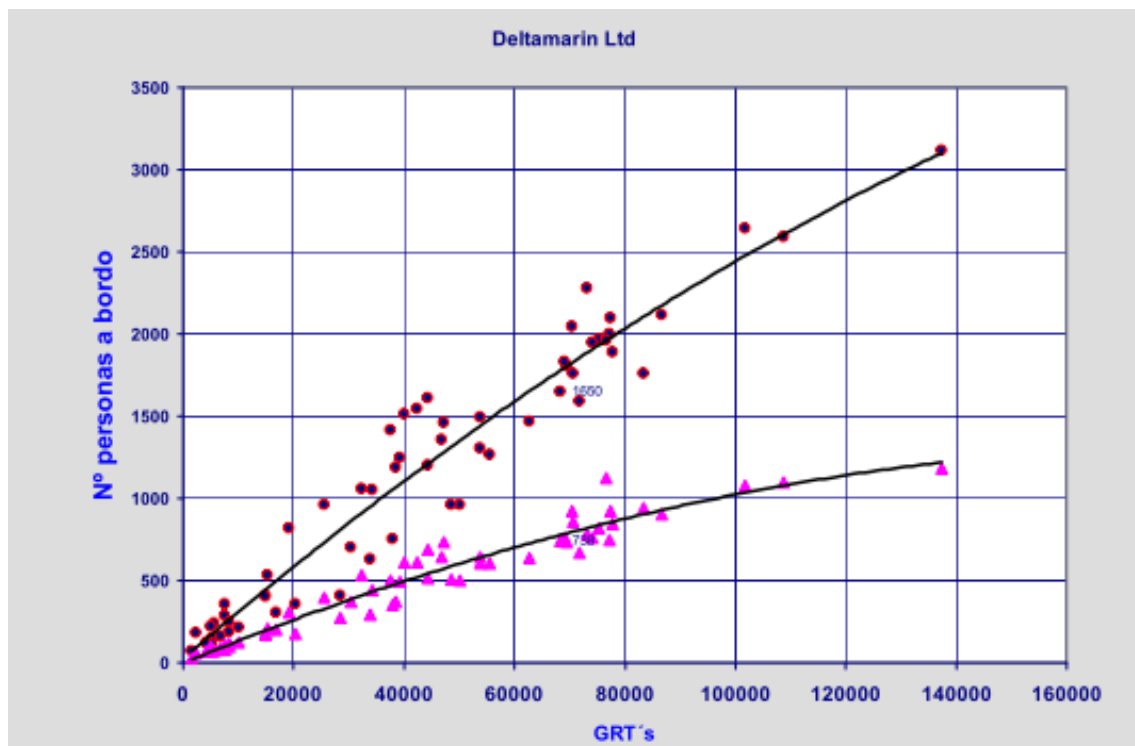


Figura 24 Distribución de pasajeros y tripulantes en función del tamaño en cruceros

Fuente: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales de Madrid

En los casos de crucero más pequeños y de alto lujo pueden llegar a igualarse el número de pasajeros con el número de tripulantes. Los casos más extremos son los megayates de lujo que algunos con tamaño casi de crucero pequeño, suelen tener más tripulantes que pasajeros. Pero a estos barcos no se les puede considerar como cruceros ya que no desarrollan una actividad comercial transportando a los pasajeros.

3.2 Características principales del MS World Explorer

El MS World Explorer es un buque crucero de tamaño medio o pequeño destinado a hacer expediciones por regiones amazónicas y antárticas.

Este buque ha sido diseñado como un buque crucero de lujo con capacidad para 200 pasajeros y 111 tripulantes. Válido para realizar viajes internacionales, cumple lo establecido en las normativa SOLAS.

Se ha optado por instalar dos motores diésel con líneas de eje para la propulsión del buque. Son dos motores semirápidos no reversibles conectados a cajas reductoras, a su vez, conectadas mediante ejes a hélices de paso controlable.

La energía eléctrica se genera mediante un motor diésel conectado a un generador auxiliar, un motor diésel conectado a un generador de emergencia y mediante los dos motores principales, instalando la tecnología PTO/PTI (Power Take Off/Power Take In) de General Electric que aprovecha la energía mecánica de los ejes de los motores principales para convertirla en energía eléctrica.

El buque se ha dividido en dos zonas principales contraincendios.

La maniobrabilidad del buque se obtiene de dos timones gemelos de alto rendimiento, dos hélices de proa y dos propulsores de bombeo. Para la estabilidad y confort en la navegación se han instalado dos aletas estabilizadoras, una a cada lado del buque.

El casco del buque lleva integrados tanques estructurales de agua dulce, agua de lastre, diésel oil, fuel oil, aceite de lubricación, aguas residuales etc.

El peso muerto del buque medido en agua de mar ($1,025 \text{ t/m}^3$) es de aproximadamente 1200 t y el tonelaje bruto según los estándares internacionales es GT=9271.

Las dimensiones máximas del buque son 126 metros de longitud máxima (eslora) y 19 m de anchura máxima (manga).

La velocidad de diseño es de 16 nudos al 85% de la potencia máxima en servicio continuo (85% MCR), con una potencia de los motores principales de 4530 KW. La potencia total de los motores principales al 100% MCR es de 5330 kW.

Condición con margen de mar y carga eléctrica (PTO)

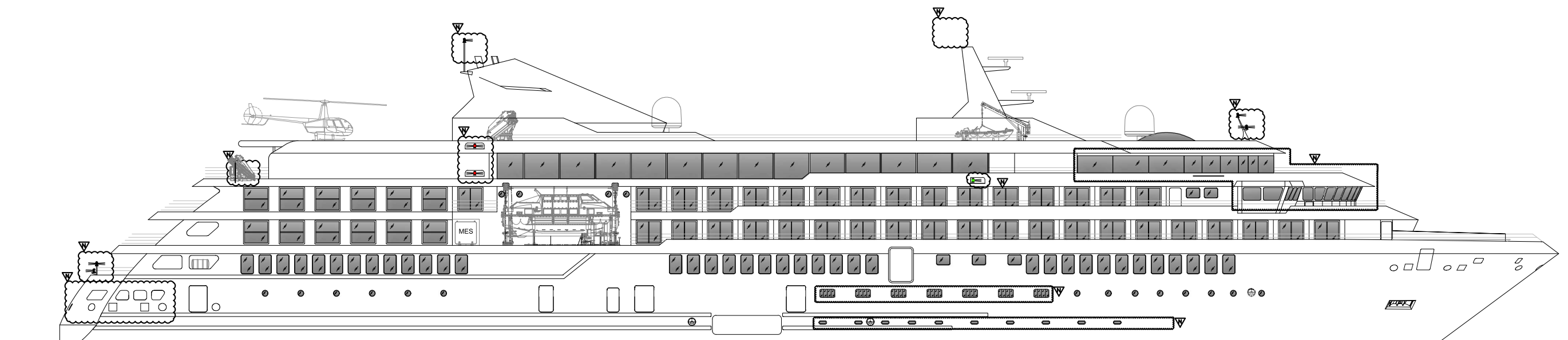
- Velocidad de diseño (15% de margen de servicio + carga el.)	- 14,0	- Nudos
- Potencia de propulsión correspondiente	- 4500	- KW
- Consumo medio de combustible correspondiente	- 20,8	- t/día
- Autonomía a 14 nudos 15% de margen de	- 9200	- Millas

servicio y carga el.

Náuticas

EL diseño del buque cumple con las recomendaciones de la sociedad de clasificación Bureau Veritas y cumple los reglamentos SOLAS y MARPOL.

A continuación se muestra un esquema de la disposición general del buque para dar una idea de la forma del mismo y la configuración de los espacios y locales principales.



DECK 8 - 21000 (ab. BL)

DECK 7 - 18200 (ab. BL)

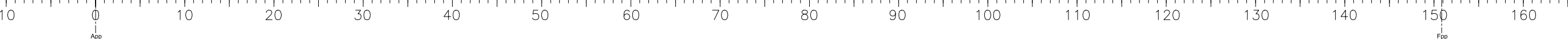
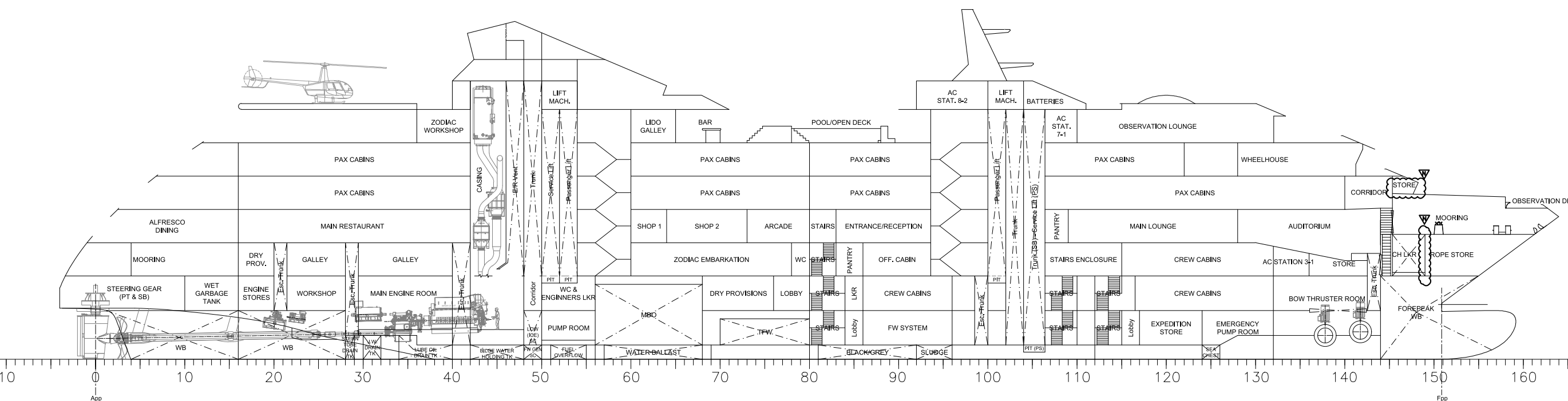
DECK 6 - 15400 (ab. BL)

DECK 5 - 12600 (ab. BL)

DECK 4 - 9800 (ab. BL)

DECK 3 / MAIN DECK - 7000 (ab. BL)

PROFILE



DECK 8 - 21000 (ab. BL)

DECK 7 - 18200 (ab. BL)

DECK 6 - 15400 (ab. BL)

DECK 5 - 12600 (ab. BL)

DECK 4 - 9800 (ab. BL)

DECK 3 / MAIN DECK - 7000 (ab. BL)

DECK 2 / TWEEN DECK - 4100 (ab. BL)

DECK 1 / TANKTOP - 1200 (ab. BL)

LONGITUDINAL SECTION

3.3 Planta propulsora

Motores principales

Los dos motores principales son motores diésel semirápidos de 4 tiempos, turboalimentados y no reversibles. Cada uno puede desarrollar una potencia máxima en servicio continuo de 2665 KW y una velocidad máxima de 1000 RPM. Se trata de dos Rolls-Royce Bergen C25:33L8P. El combustible diésel no puede contener más del 0,1% de azufre (MDO 0,1% sulphur).

A continuación se muestra una vista con diferentes cortes del Rolls-Royce Bergen C25:33L6P.

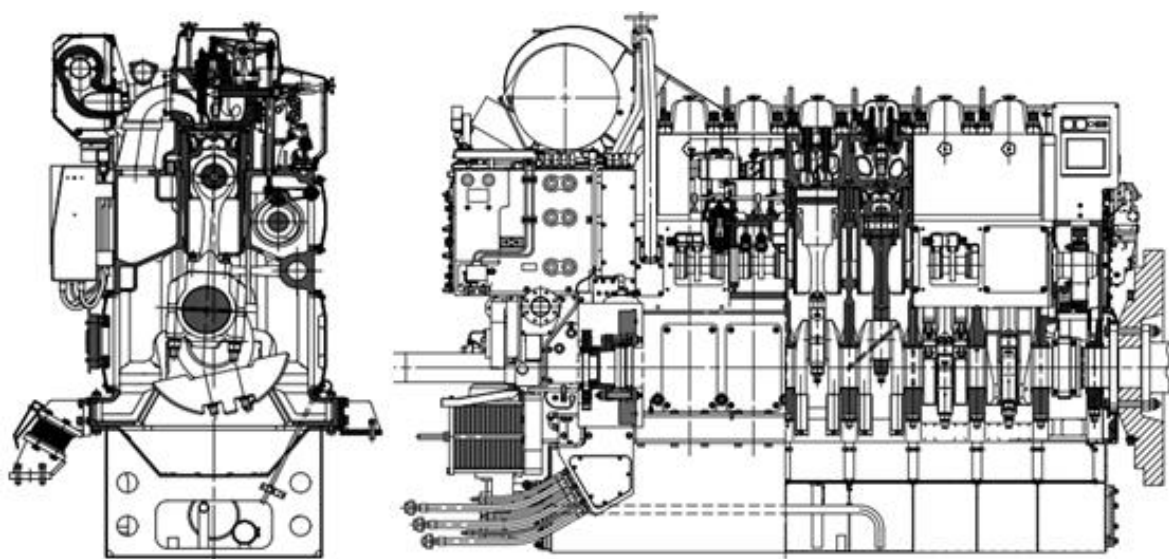


Figura 25 Alzado y perfil del Rolls-Royce C25:33L6P

El motor de la imagen consta de 6 cilindros (C25:33L6P) y el seleccionado para este barco es de 8 cilindros, pero ambos son de la serie C2533P, solo difieren en el número de cilindros, pero su forma y funcionamiento son idénticos. Para su funcionamiento tiene que ir equipado con:

- Turbocompresor de aire de alimentación.
- Filtros de aire y dispositivo de limpieza de turbo compresor y soplante.
- Control electrónico.
- Bomba de aceite de lubricación.
- Una o dos bombas de agua de refrigeración.
- Sensores para control remoto y monitorización.
- Dispositivos de seguridad según lo establecido del el Bureau Veritas.

Las diferentes necesidades de lubricación, refrigeración, aire de alimentación etc. vienen especificadas en la ficha técnica del motor del anexo A y no se van a enumerar aquí por no

extenderse demasiado. Sin embargo es interesante resaltar los datos de la ficha técnica sobre gases de escape, que se muestran en la siguiente tabla.

Gasto másico al 100% de carga	Kg/h	17500
Temperatura de escape	°C	310
Gasto másico al 90% de carga	Kg/h	15400
Temperatura de escape	°C	310
Gasto másico al 80% de carga	Kg/h	14000
Temperatura de escape	°C	315
Gasto másico al 50% de carga	Kg/h	9600
Temperatura de escape	°C	345

Tabla 14 Flujo de gases de escape en función del nivel de carga
Fuente: Rolls-Royce

Como se ha explicado en el capítulo II el calor que contienen los gases de escape de los motores se aprovecha mediante el sistema de exhaustación donde se instalan intercambiadores que aprovechan el calor de los gases para producir buena parte del vapor necesario en el buque.

Con las cifras de la tabla anterior puede calcularse el calor aprovechable de los gases de escape para cada situación de carga. La temperatura mínima de salida de los intercambiadores (calderetas) tiene que ser 182°C, esto es porque temperaturas inferiores pueden provocar problemas de corrosión en frío debidos a la condensación del ácido sulfúrico. Como medida de precaución la temperatura mínima considerada es 185°C.

$$Q_{gases} = M_{gases} * Cp_{gases} * (T_e - T_s) * \eta_{int}$$

Donde:

- T_e : Temperatura a la entrada de los intercambiadores.
- T_s : Temperatura a la salida de los intercambiadores (185°C).
- η_{int} : Es el rendimiento de los intercambiadores, que se ha estimado en 95% debido a las pérdidas en energía radiante.
- Cp_{gases} : Es el calor específico de los gases de escape se estima en 1047 J/kg K.
- M_{gases} : Gasto másico de los gases de escape en kg/s

- Qgases: Calor aprovechado de los gases de escape en W.

Sustituyendo los valores de la tabla anterior en la ecuación los resultados son los siguientes:

Carga (%)	M (kg/s)	Cp (J/Kg K)	Te (°C)	Ts (°C)	η	Q (W)	Q (KW)
100	4,861111111	1047	310	185	0,95	604388,021	604,388021
90	4,277777778	1047	310	185	0,95	531861,458	531,861458
80	3,888888889	1047	315	185	0,95	502850,833	502,850833
50	2,666666667	1047	345	185	0,95	424384	424,384

Tabla 15 Cálculo del calor aprovechable de los gases de escape

Los resultados obtenidos en la tabla anterior son para cada uno de los motores principales, por lo tanto para el caso del 80% de carga de ambos motores, que podría considerarse el más habitual, el calor aprovechable de los gases de escape asciende a los 1004KW de manera aproximada.

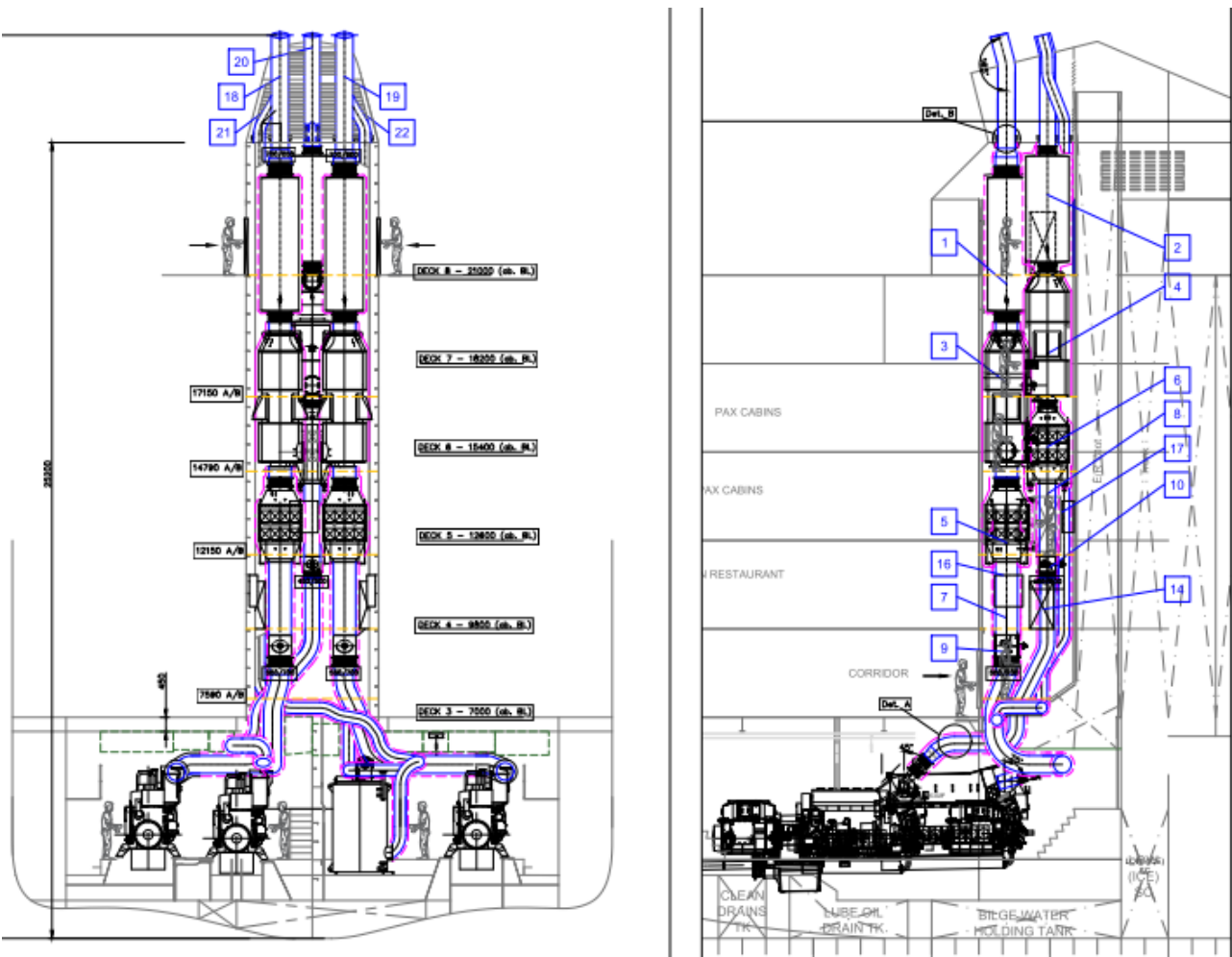


Figura 26 Representación del sistema de exhaustación y chimenea de escape

En la imagen se muestra en dos vistas una representación del sistema de exhaustación, donde se ve

como los conductos de escape salen de los motores para ir hacia el exterior por un tronco estructural donde se instalan tanto los silenciadores como las calderetas o intercambiadores de calor. Finalmente van a parar a la chimenea.

En el anexo B se puede ver el esquema completo del sistema de gases de exhaustación, donde se ven los elementos que lo componen y el recorrido que hacen los gases de escape al salir de los motores.

Consumo de combustible. Cálculo de autonomía

El fabricante Rolls-Royce facilita en su especificación técnica del motor una gráfica de consumos específicos en función de la carga del motor representada en velocidad de giro.

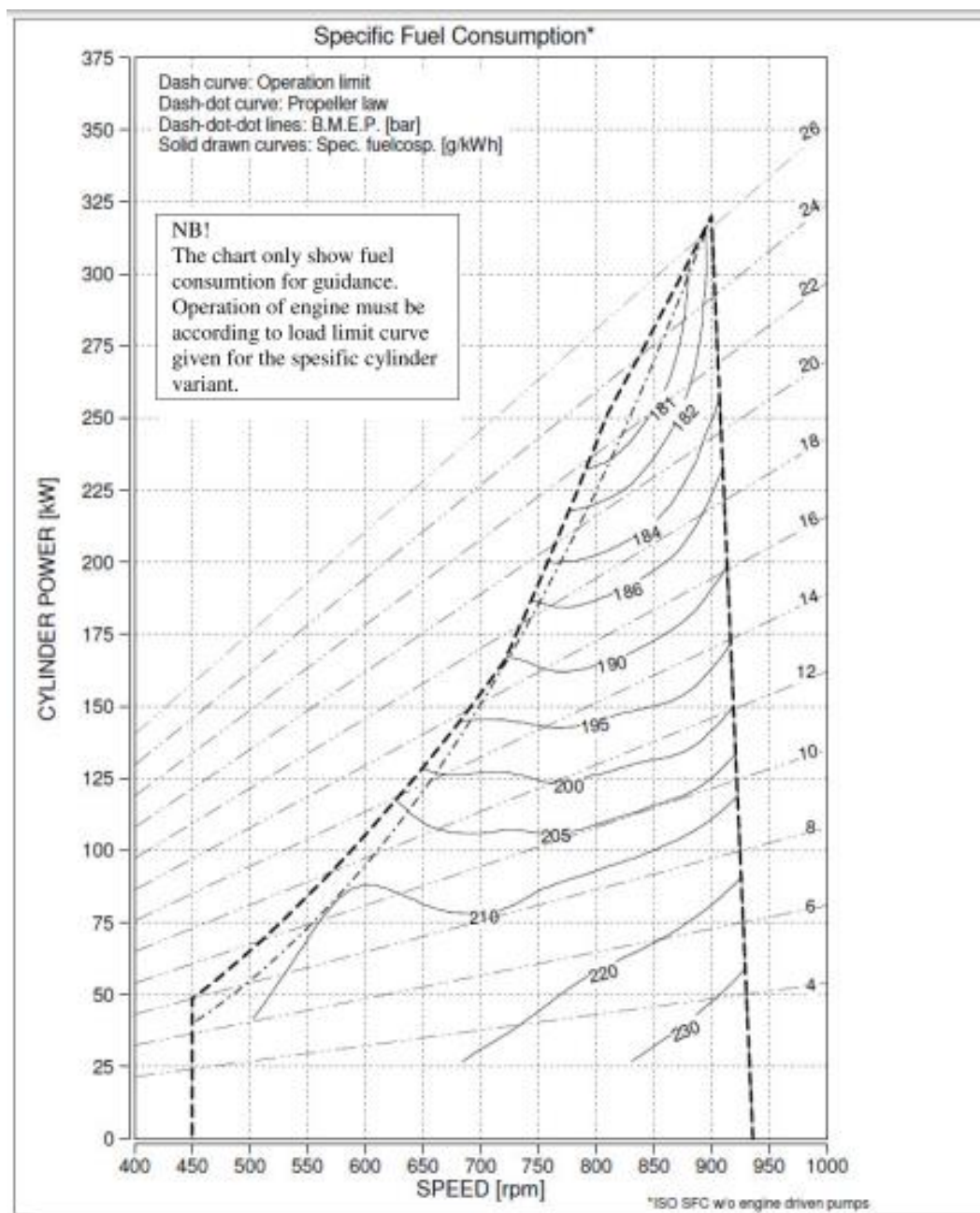


Figura 27 Consumo específico en función del régimen y la carga

Fuente: Rolls-Royce

En esta gráfica se observa que el consumo específico del motor disminuye al aumentar las revoluciones del motor y aumenta la potencia por cilindro. Por lo tanto el régimen de funcionamiento de mayor rendimiento ronda las 875 r.p.m con un consumo específico mínimo de 181 g/KWh de combustible. Este valor entra dentro de lo contemplado en el apartado de “Consumo de combustible” del capítulo II. De esto se concluye que es conveniente que los motores funcionen entre el 80% y 90% de carga para obtener buenos rendimientos.

La capacidad de los tanques de combustible viene determinada por la autonomía que se ha de cumplir por especificación y por velocidad de servicio. Según la especificación la autonomía del buque tiene que ser de 9200 millas náuticas a 14 nudos y con un margen de servicio del 15%. A continuación se van a hacer unos cálculos para comprobar cómo se ha llegado a la cifra de 670 t de MDO (Marine Diesel Oil) de capacidad de los tanques de combustible establecida en la misma especificación.

Según Rolls-Royce cada motor consume 181 g/KWh de MDO al 85% MCR, pero este consumo está ajustado a condiciones ISO y hay que efectuar una serie de correcciones para obtener un valor más realista del consumo específico en condiciones aleatorias:

- Margen del fabricante: Debido a las ajustadas condiciones en las que el fabricante prueba los motores, se añade un 5% de margen por régimen de operación que establece el propio fabricante en su Project Guide.
- Corrección por condiciones operativas: Como estas mediciones se efectúan en condiciones ISO; a una temperatura de 20°C, hay que añadir un margen por variación de temperatura del aire de servicio, se considera un 3%.

$$Consumo_{específico} = 181 * 1.05 * 1.03 = 195 \text{ g/KWh}$$

Se va a considerar un consumo específico medio de 195 g/KWh y además hay que tener en cuenta que a la cantidad de combustible que se calcule para recorrer las 9200 millas hay que sumarle un 10% extra con el que hay que llegar a puerto por norma.

Antes de realizar el cálculo hay que convertir las 9200 millas náuticas a 14 nudos en horas de navegación. Un nudo es igual a una milla náutica por hora por lo tanto el cálculo da como resultado 657 horas de navegación, lo que suponen 27 días de navegación.

$$Consumo_{Total} = N^{\circ}_{motores} * Pot_{motor} * Consumo_{Específico} * Horas_{Navegación}$$

$$Consumo_{Total} = 2 * 2265 * 0,195 * 657 = 571432 \text{ kg} = 571,4 \text{ t}$$

Según el cálculo anterior se necesitan 571,4 toneladas de combustible y sumándole el 10% de margen para llegar a puerto mencionado anteriormente salen 628,5 toneladas. Según la especificación del proyecto la capacidad de los tanques de combustible tiene que ser 670 t que es

algo superior a la cifra obtenida en los cálculos anteriores, pero bastante aproximada. También hay que tener en cuenta que los tanques nunca se llenan al 100% de capacidad, se suelen llenar un 97% de la capacidad total. Si le sumamos ese 3% de margen salen 650 toneladas.

Es comprensible que la capacidad de los tanques de combustible calculada y la fijada en la especificación del barco no coincidan exactamente, ya que se hacen varias estimaciones en el proceso, pero queda demostrado que en ambos casos se han seguido los mismos criterios para calcularlos y asegurar la autonomía de 9200 millas, considerando un consumo específico medio de 195 g/kWh, que es el dato realmente relevante.

3.4 Balance eléctrico

En este buque se va a generar electricidad de dos maneras, por un lado se va a instalar dos motores auxiliares diésel acoplados a dos generadores y por otro lado los motores principales también pueden generar electricidad al llevar instalada la tecnología PTO/PTI (Power Take Off/Power Take In) de General Electric, que aprovecha la energía mecánica de los ejes de los motores principales para convertirla en energía eléctrica, cuando sobra potencia en el eje. Por otro lado se va a instalar otro grupo electrógeno de emergencia, con un motor diésel y un generador de 480KW de potencia.

Dentro del proyecto de diseño del buque el balance eléctrico y diseño de la planta eléctrica se hace una vez el proyecto está muy avanzado y los equipos del barco definidos. En este punto se comprueba el acierto con el que se han realizado las diferentes estimaciones a la hora de seleccionar motores y grupos electrógenos. En la primera fase del proyecto se realiza una primera estimación del consumo y se seleccionan los tipos de motores y generadores que se van a instalar. Al disponer de las dimensiones aproximadas de estos equipos, se definen los compartimentos estancos y se posicionan los mamparos contraincendios del buque. Más adelante se estudia la cámara de máquinas con todos sus equipos y se definen todos los sistemas auxiliares de combustible, aceite, agua de refrigeración, aire de arranque, etc.

Con todo lo anterior se puede apreciar cómo una buena estimación inicial es muy importante para evitar realizar el trabajo dos veces y volver al inicio de la espiral, con la consecuente pérdida de dinero que supone en un proyecto de esta envergadura.

Siguiendo el mismo procedimiento que se ha explicado en el Capítulo II para realizar el balance eléctrico, se ha hecho un listado de todos los equipos del buque y se ha realizado una tabla aplicando los coeficientes de servicio y régimen (K_{sr}) y de simultaneidad (K_n) considerando las siguientes situaciones:

- Navegación a plena carga.
- Navegación a 11-15 nudos.
- Navegación a 5-11 nudos.

- Maniobra.
- Buque fondeado.
- Estancia en puerto.
- Emergencia.

Aunque sin hacer el balance eléctrico ya se sabe que la situación de navegación a plena carga va a ser más exigente, que las de 11-15 nudos y 5-11 nudos, se incluyen en el estudio porque es interesante definir cómo se va a hacer el reparto de potencia suministrada por cada motor diésel, intentando siempre tener el menor número de motores funcionando a bajos niveles de carga, donde ya se ha visto que empeora su rendimiento y aumenta el consumo específico.

En el anexo C se encuentra el balance eléctrico detallado, donde se especifican tanto las potencias de cada equipo, como sus coeficientes de simultaneidad y de servicio y régimen. A continuación se muestra una tabla resumen con los resultados parciales de las potencias demandadas, agrupando los consumidores por categorías para cada una de las situaciones de navegación.

Descripción	Nav100%	Nav11-15	Nav5-11	Maniobra	Fondeado	Puerto	Emergencia
Auxiliares para propulsión	30,36	23,32	16,28	45,74	0,00	0,00	46,20
Servicios auxiliares	291,89	251,82	232,07	226,17	248	205,81	55,65
Equipos de cubierta	35,73	35,73	35,73	33,00	111,00	56,85	191,54
Equipos de HVAC	563,66	563,66	515,66	515,66	495,57	324,78	11,97
Ventilación loc. máquinas	127,00	99,34	86,02	98,38	51,75	46,50	53,55
Cocinas	156,80	156,80	156,80	156,80	89,60	67,20	0,00
Restaurantes y despensas	24,50	24,50	24,50	24,50	14,00	10,50	0,00
Lavanderías	117,60	117,60	117,60	117,60	67,20	67,20	0,00
Acomodación y alumbrado	95,88	95,88	95,88	95,88	77,48	64,52	18,90
Nav. comunicaciones	11,29	11,29	11,29	11,84	12,14	10,99	19,79
Varios	11,15	11,30	11,30	11,30	10,09	9,49	13,25
Propulsores laterales	0,00	0,00	0,00	1538,00	0,00	0,00	0,00
Consumo Total	1465 kW	1391 kW	1303 kW	2875 kW	1176 kW	864 kW	411 kW

Tabla 16 Resumen del balance eléctrico

Se observa que la situación de maniobra es la que más potencia eléctrica demanda. Esto se debe a que en maniobra se accionan las dos hélices de proa laterales y los dos azimutales que lleva el buque para obtener movimientos de giro y desplazamiento de 360°. Al contrario que la propulsión principal, estos motores son de accionamiento eléctrico, por lo que es necesario generar más energía eléctrica durante su uso.

Otra conclusión interesante que se puede extraer del balance es que exceptuando los propulsores

laterales en la situación de maniobra, los equipos de HVAC son el subgrupo que más energía consume en el buque, siendo en casi todas las situaciones cerca del doble que la energía consumida por los sistemas auxiliares de propulsión y cámara de máquinas. En este subgrupo se engloban todos los equipos de aire acondicionado tanto de frío como de calor del buque y los sistemas de calentamiento y refrigeración del aire. Esto es una característica propia de los buques crucero, donde la mayor parte del buque es la zona de habitación (el hotel). Sin embargo en un portacontenedores, la demanda de energía de los equipos de HVAC sería de las más pequeñas, debido a que la habitación de este tipo de barcos es mínima, suficiente para la tripulación del barco.

A continuación se muestra en una tabla los motores de los que se dispone para hacer frente a la demanda de energía calculada en el balance.

Equipos	Cantidad	Potencia	Pot. Total
GAD - Generador Auxiliar Diésel	2	950 kW	1900 kW
MP - Motor Principal	2	2665 kW	5330 kW
PTO/PTI - Generadores de eje	2	2000 kW	4000 kW
GED - Generador de emergencia Diesel	1	600 kVA	480 kW

Tabla 17 Potencia instalada en el MS Wolrd Explorer

Cabe explicar que los 4000 kW disponibles, en potencia total, de los generadores de eje no se pueden sumar a los 5330 kW de los motores principales, sino que salen de estos últimos. Como ya se ha explicado anteriormente, estos generadores aprovechan potencia en el eje transmisor a la hélice sobrante para generar electricidad. Por lo tanto los 4000 kW son parte de los 5330 kW.

A continuación se muestra en una tabla como se ha calculado hacer frente a la demanda tanto de energía eléctrica como de energía mecánica de propulsión, en las diferentes situaciones de navegación.

	Nav100%	Nav11-15	Nav5-11	Maniobra	Fondeado	Puerto	Em.	
Carga eléctrica	1465 kW	1391 kW	1303 kW	2875 kW	1176 kW	864 kW	411 kW	Demanda
Carga propulsión	4500 kW	3500 kW	1500 kW	1100 kW				
GAD 1	733 kW				589 kW	864 kW		Suministro
% GAD 1	77%				62%	91%		
Hélices princ. babor	2250 kW	1750 kW	750 kW	550 kW				
% hélices princ. babor	84%	66%	28%	21%				
PTO babor		696 kW	1303 kW	1437 kW				
% PTO babor		35%	65%	72%				
MP babor	2320 kW	2551 kW	2172 kW	2111 kW				
% MP babor	87%	96%	82%	79%				
GAD 2	732 kW				588 kW			
% GAD 2	77%				62%			
Hélices princ. estribor	2250 kW	1750 kW	750 kW	550 kW				
% hélices princ. estr	84%	66%	28%	21%				
PTO estribor		696 kW		1437 kW				
% PTO estribor		35%		72%				
MP estribor	2320 kW	2551 kW	773 kW	2111 kW				
% MP estribor	87%	96%	29%	79%				
GED							86%	

Tabla 18 Distribución de potencias en función de la situación de navegación

En la primera columna se observa que para la navegación a plena carga la energía eléctrica se genera por completo mediante los grupos auxiliares, mientras que los motores principales solamente suministran potencia para la propulsión. Sin embargo la tabla muestra potencias diferentes entre el motor y la hélice, 2320 kW del motor frente a 2250 kW que llega a la propulsión. Esto se explica porque existe un rendimiento mecánico del eje y de la caja reductora menor del 100% y por lo tanto parte de la potencia que entregan los motores se disipa en pérdidas mecánicas hasta llegar a la hélice.

Otro aspecto a destacar es que para una navegación de ente 11 y 15 nudos, al no ser necesarios los grupos auxiliares, se suministra toda la potencia tanto eléctrica como mecánica con los motores principales. Es por esto que aun que el barco navega a menor velocidad lo motores principales pasan de trabajar a 86% de su capacidad al 96%. De esta manera se optimiza el rendimiento y se baja el consumo, ya que interesa tener el mínimo número de motores trabajando y al máximo régimen de carga posible, para minimizar el consumo específico.

En el resto de situaciones se observa cómo se van combinando las diferentes fuentes para suministrar la energía de la manera más eficiente posible. Por ejemplo, en la situación de maniobra los motores principales entregan mucha más potencia eléctrica a los generadores de eje que energía mecánica a la propulsión, debido a que en maniobra se utilizan a misma vez hélices principales, hélices de proa y azimutales, siendo las dos últimas de accionamiento eléctrico.

Una vez hecho el balance y definidos los grupos generadores, será necesario analizar la transmisión de energía desde los generadores hasta los consumidores. En primer lugar se fijan las tensiones y frecuencia de la red de transporte, así como el sistema de distribución, se definen los transformadores a utilizar y por último se profundiza en el cuadro principal de distribución.

4 CONCLUSIONES

Conclusiones

Tras el estudio realizado en los tres capítulos anteriores sobre la industria naval, la energía en buques y el ejemplo concreto del MS World Explorer, se pueden extraer varias conclusiones que se exponen a continuación.

El sector naval sigue a buen ritmo el avance de los tiempos. En los últimos años son varios los sectores que se ven sobrepasados por el rápido avance de nuevas tecnologías que les acaban sustituyendo. Sin embargo parece que la industria naval se va adaptando a dicho avance adecuadamente. Aunque la crisis económica ha repercutido negativamente, la importancia del transporte marítimo a nivel global, la pesca y muchas otras actividades en las que los buques son necesarios aseguran a medio y largo plazo la buena salud de este sector. Además cada vez son más las empresas que apuestan por investigación, con el objetivo de desarrollar tecnologías renovables para la propulsión y generación de energía en buques.

Centrando la atención en los buques crucero, llama la atención como a pesar de la crisis económica, se ha incrementado su producción año tras año. Lo que significa que la opción vacacional del viaje en crucero está ganando fuerza en muchos de los países del primer mundo.

Concretamente en España el sector naval ha sido un sector importante para la economía del país en la historia reciente y lo sigue siendo a día de hoy. No solo se trabaja en el diseño y construcción de nuevos buques, sino que España realiza numerosos trabajos de transformación y reparación de buques. Aunque los números y las gráficas son alentadores, no hay que olvidar que en los últimos años son muchos los astilleros que han tenido que cerrar en España, sobre todo en País Vasco y Andalucía.

En cuanto al estudio energético en buques, se ha visto en el apartado de propulsión del capítulo II, que cada vez es más común optar por una propulsión diésel-eléctrica, en vez de instalar las líneas de ejes como se ha venido haciendo desde muchos años atrás, sobre todo en buques crucero donde la generación de energía eléctrica juega un papel importante. Son numerosas las bibliografías que dan a entender que esta configuración diésel-eléctrica es definitivamente mejor, sin embargo se ha podido ver en el capítulo III el ejemplo del MS World Explorer con líneas de eje instaladas, que esta solución bien diseñada puede competir sin problema alguno. Las nuevas tecnología de aprovechamiento de energía en el eje permiten simplificar las instalaciones de cámara de máquinas y ofrecen un rendimiento de conjunto (propulsión + electricidad) muy alto, sin necesidad de transformar toda la energía en electricidad para después distribuirla, como ocurre con la configuración diésel-eléctrica.

También se ha visto que son muchos los sistemas y servicios necesarios para el funcionamiento de

un buque. Los diseños de muchos de estos servicios son dependientes unos de otros a nivel de ingeniería básica, de manera que un pequeño cambio en alguno de ellos puede acarrear más modificaciones en otros servicios y equipos. Por otro lado, a nivel de ingeniería de detalle el diseño de prácticamente de todos los servicios está correlacionado. En los buques el espacio siempre está muy limitado y es primordial su optimización, por lo tanto, cuando se entra a diseñar en detalle conductos, tuberías, cables, posicionamiento de equipos... etc. el diseño de cada cosa afecta al diseño de todo lo que lo rodea, llegando incluso a afectar a nivel estructural. Es por esto que el proyecto de un buque sigue una espiral por fases, pasando por el mismo punto varias veces pero aumentando el nivel de detalle.

En cuanto a eficiencia energética, se ha visto en el capítulo II como con el avance de los años se han ido bajando los consumos específicos. Esta tendencia continua, lo que supone un abaratamiento del transporte marítimo al ser menor el consumo de combustible, además de una reducción de emisiones por cada kW producido. Aunque es cierto que, desde el punto de vista medioambiental, las grandes mejoras en cuanto a emisiones vendrán de la mano de las nuevas tecnologías en desarrollo que permitirán prescindir de motores de combustión de combustible fósiles. De hecho, ya existen prototipos con motores de hidrógeno y tecnología solar fotovoltaica que no emiten emisiones contaminantes, pero todavía queda un largo camino por recorrer hasta conseguir que dicha tecnología sea competitiva en el mercado y que los armadores y navieras opten por comprar buques con este tipo de propulsión.

Analizando el consumo de energía en el MS World Explorer, si se considera la situación típica de navegación a plena carga en la siguiente tabla se observa el porcentaje de energía que consumen los diferentes tipos de instalaciones:

	Valor	Porcentaje
Equip. Auxiliares para propulsión	30,36 kW	0,51
Servicios auxiliares diversos	291,89 kW	4,89
Equipos de cubierta	35,73 kW	0,60
Equipos y servicios de HVAC	563,66 kW	9,45
Ventilación de locales de máquinas	127,00 kW	2,13
Cocinas	156,80 kW	2,63
Restaurantes y despensas	24,50 kW	0,41
Lavanderías	117,60 kW	1,97
Acomodación y alumbrado	95,88 kW	1,61
Navegación y comunicaciones	11,29 kW	0,19
Varios	11,15 kW	0,19
Gobierno propulsores laterales	0,00 kW	0,00
Propulsión	4500 kW	75,44
Consumo total de energía	5965 kW	100,0

Aunque no se puede dar por hecho que en todos los cruceros se de la misma distribución de consumos de energía, este caso sirve para hacerse una idea general en cruceros pequeños de 200 pasajeros. Se observa que a pesar de la gran cantidad de equipos que tiene el buque para dar servicio a todos los sistemas, un 75% de la energía es consumida solamente por la propulsión del barco cuando navega a plena carga, situándose en segundo lugar las instalaciones de acondicionamiento de aire, pero muy por debajo con un 9,45% del total de la energía consumida, lo que es coherente al ser un buque de pasaje.

Si se analiza el consumo específico por persona transportada, considerando tanto pasajeros como tripulación (311 en total), se obtiene un consumo de 19,2 kW/persona navegando a plena carga (15 nudos). Traduciendo este valor a consumo de combustible, según el consumo medio calculado en el capítulo anterior se obtiene un consumo de 3,21 kg/persona.milla. Es decir, en una milla recorrida a plena carga se consumen 3,21 kg de diésel oil por cada persona transportada.

5 BIBLIOGRAFÍA

- PYMAR. “Informe de actividad de la construcción naval 2017”.
- A. Baquero. “Teoría del Buque. Introducción a la propulsión de buques”. Publicaciones de la E.T.S.I.N.
- García Garcés. “Proceso Industrial del buque”. Publicaciones de la E.T.S.I.N.
- Bureau Veritas. Reglamento para la clasificación de buques de acero.
- IMO. SOLAS (Security of Life At Sea). Edición refundida de 2014.
- E. Gainza Tellería. Proyecto de buques. Publicaciones de la E.T.S.I.N.
- <https://www.rolls-royce.com/>
- European Commission Directorate General Enviroment. ENTEC.
- Monografías EnerTrans. Grupo de investigación del transporte marítimo de la Fundación de la Universidad de Oviedo. “Consumo de energía y emisiones asociadas al transporte por barco”.
- UNTCAD. "Informe sobre el transporte marítimo 2017". Conferencia de las Naciones Unidas sobre comercio y desarrollo.

6 ANEXOS

Anexo A



PROJECT GUIDE

FOR

MARINE PROPULSION APPLICATIONS

BERGEN ENGINE TYPE C25:33P

FUEL OIL OPERATION

This project guide is intended as a tool to assist in project work for installations that include Bergen engines. Binding drawings and technical data will be submitted after receipt of orders.

Components and systems shown in this guide are not necessarily included in the Rolls-Royce scope of supply.

All copies of this document in hard and soft format are uncontrolled. To verify latest revision status contact salesupport.bergen@rolls-royce.com.

NOTE

The data and information, related to the engines given in this guide, are subject to change without notice.

NOTE

The information in this guide is applicable for marine applications only.

Edition: May 2009 (Rev. 02 March 2017)

© Bergen Engines AS 2017

A Rolls-Royce Power Systems Company

The information in this document is the property of Bergen Engines AS, a Rolls-Royce Power Systems Company, and may not be copied, or communicated to a third party, or used, for any purpose other than that for which it is supplied without the express written consent of Bergen Engines AS.

Whilst the information is given in good faith based upon the latest information available to Bergen Engines AS, no warranty or representation is given concerning such information, which must be taken as establishing any contractual or other commitment binding upon Bergen Engines AS, its parent company or any of its subsidiaries or associated companies.

Bergen Engines AS

P.O.Box 329 Sentrum

N-5804 BERGEN

NORWAY

Tel. +47 55 53 60 00

Homepage: www.rolls-royce.com

E-mail: salesupport.bergen@rolls-royce.com

Enterprise no. NO 997 016 238

A Rolls-Royce Power Systems Company

Part 1.01

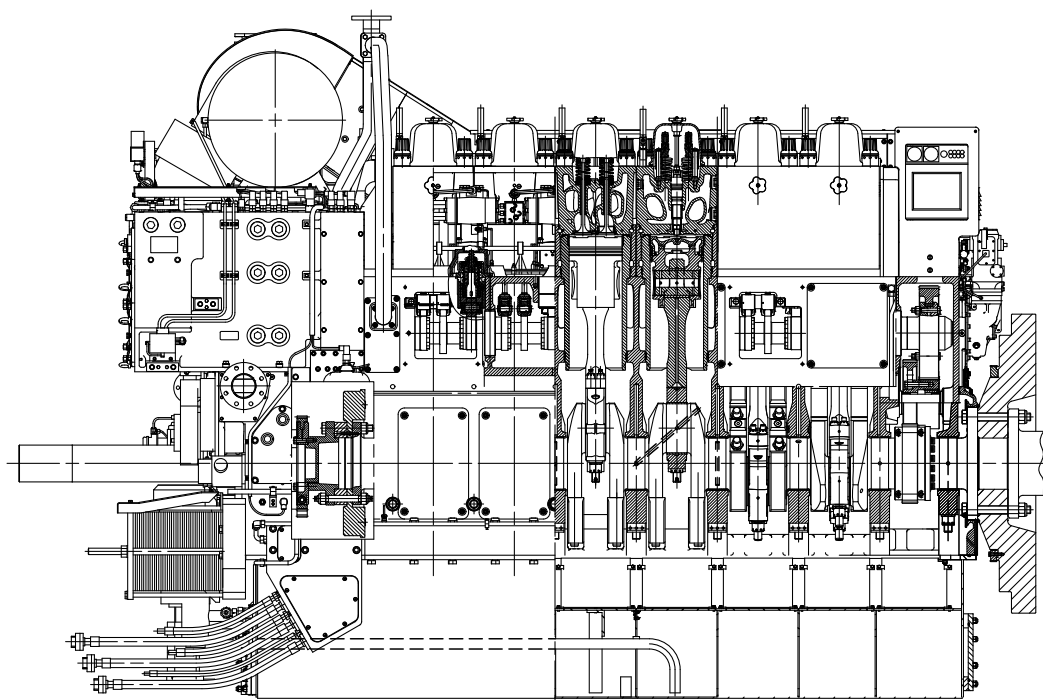
Power output / Propeller design

Propeller design depends upon vessel type and duty.

If the fixed propeller solution is chosen, it should be designed so that it absorbs 85% of the maximum continuous output of the engine at normal

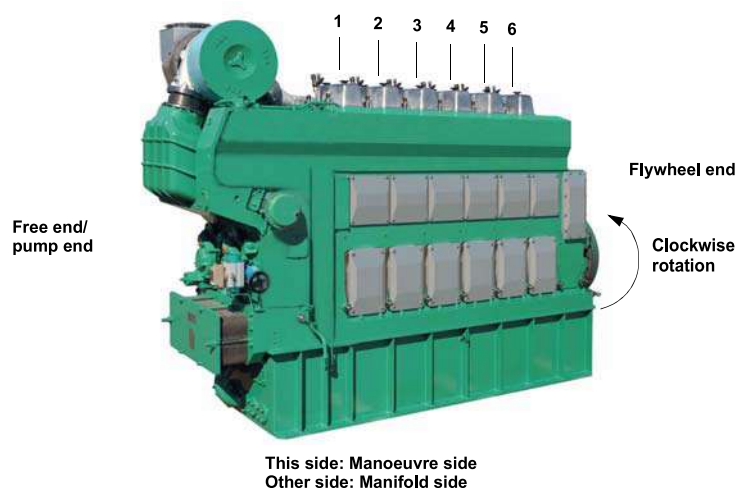
speed when the ship is on sea trial, at specified speed and load.

For ships intended for towing (TUGS), the propeller can be designed for 95% of MCR of the engine at nominal speed for bollard pull or at towing speed.



Direction of rotation and cylinder numbering:

Bergen C-engine





Part 1.04

Bergen Engines AS - A Rolls-Royce Power Systems Company

Technical data:	C 25:33 L8P 2	Drawing No.:	N/A
Fuel type:	Diesel	Project No.:	N/A
Application:	Marine Propulsion	Engine No.:	N/A
		Yard/Power Plant:	N/A

Enginedata:

Number of cylinders	-	8
Cylinder bore	mm	250
Piston stroke	mm	330
Rated power(MCR), engine:	kW	2560
Mean effective pressure	bar	26,34
Rated speed	RPM	900
Mean piston speed	m/s	9,9
Displacement	l	130

Fuel oil data:

Specific fuel consumption	g/kWh	182
Fuel consumption at MCR	l/h	565
Fuel feed pump capacity	l/h	2800
Daytank, 24hrs operation	m ³	14

Nozzle oil data:

Nozzle oil	-	SAE 40
Pressure normal (+/- 0,2)	barg	2,0
Alarm, pressure low	barg	1,0
Temp, normal (+/- 5)	°C	90

Start air data:

Start air pressure, max/min	barg	30/17
Air consumption per. start	m ³ n	1,8
No of starts, 750 l reciever	-	6
No of starts, 500 l reciever	-	4
No of starts, 250 l reciever	-	2

Lubrication data:

Lubrication oil	-	SAE 40
Main pump capacity	m ³ /h	74
Priming pump capacity	m ³ /h	10
Lub. oil pressure:		
-normal	barg	4-5
-alarm, pressure low	barg	2,5
-shut-down, pressure low	barg	1,7
Lub. oil temp engine inlet:		
-normal	°C	60
-alarm, temp high	°C	70
Spec. lub. oil consumption	g/kWh	0,7
Lub. oil consumption	kg/h	1,8
Crankcase, lub oil volume:		
-high level	l	1665
-low level	l	1390

Jacket water waste recovery: (NB! System dependent)

Waste heat, 100% load	kW	1090
Waste heat, 80% load	kW	795
Waste heat, 50% load	kW	425

Cooling water data:

Two-stage charge air cooler:		
-Low temp, stage:		
-temp at inlet, max	°C	37
-Water flowrate, normal @ ISO	m ³ /h	70
-Water flowrate, max design	m ³ /h	84
-High temp, stage:		
-Water flowrate, normal	m ³ /h	61
Jacket water system:		
-HT pump flowrate	m ³ /h	60
-normal stop/shut-down	barg	1,0
-water quantity, engine block	l	135
-Temp. at engine outlet:		
-nominal (max)	°C	90
-alarm, temp. high	°C	95
-shut-down, temp. high	°C	98
-temp. rise in engine, max	°C	5,3
-incl. high temp, ca cooler	°C	15,6
-Expansion tank:		
-volume, single-engined	l	300
-volume, multi-engined	l	500
-height above engine	m	3-10

Air data:

Turbocharger type	ABB	A140
Charge air cooler type	-	RR 9L25B-CK
Air consumption	m ³ n/h	13200
Air consumption	kg/h	17000
Charge air pressure	barg	4,3
Charge air temperature:		
-normal	°C	55-60
-alarm, temp high	°C	65
Turbocharger speed alarm	rpm	36200

Exhaust data:

Mass flow	kg/h	17500
Volume flow, after turbine	m ³ /h	29300
Temp. after cylinder	°C	410
Temp. after turbine	°C	310
Back pressure, max	mmWG	300

Part load data:

-Mass flow, 90% load	kg/h	15400
-Temp. after turbine	°C	310
-Mass flow, 80% load	kg/h	14000
-Temp. after turbine	°C	315
-Mass flow, 50% load	kg/h	9600
-Temp. after turbine	°C	345

Heat dissipation:

Lubrication data:		
Lub oil cooler	kW	330
Cooling water data:		
Low temp stage	kW	300
High temp stage	kW	720
Jacket water cooler:		
-Heat dissipation, engine	kW	370
-incl. high temp. ca cooler	kW	1090
Ventilation data:		
Radiation engine	kW	85

Engine power definition is according to ISO 3046-1.
However the engine ratings are valid for the following reference condition:
Air inlet temperature
Air inlet temperature
Charge air low temp fresh water inlet temp.
Relative humidity

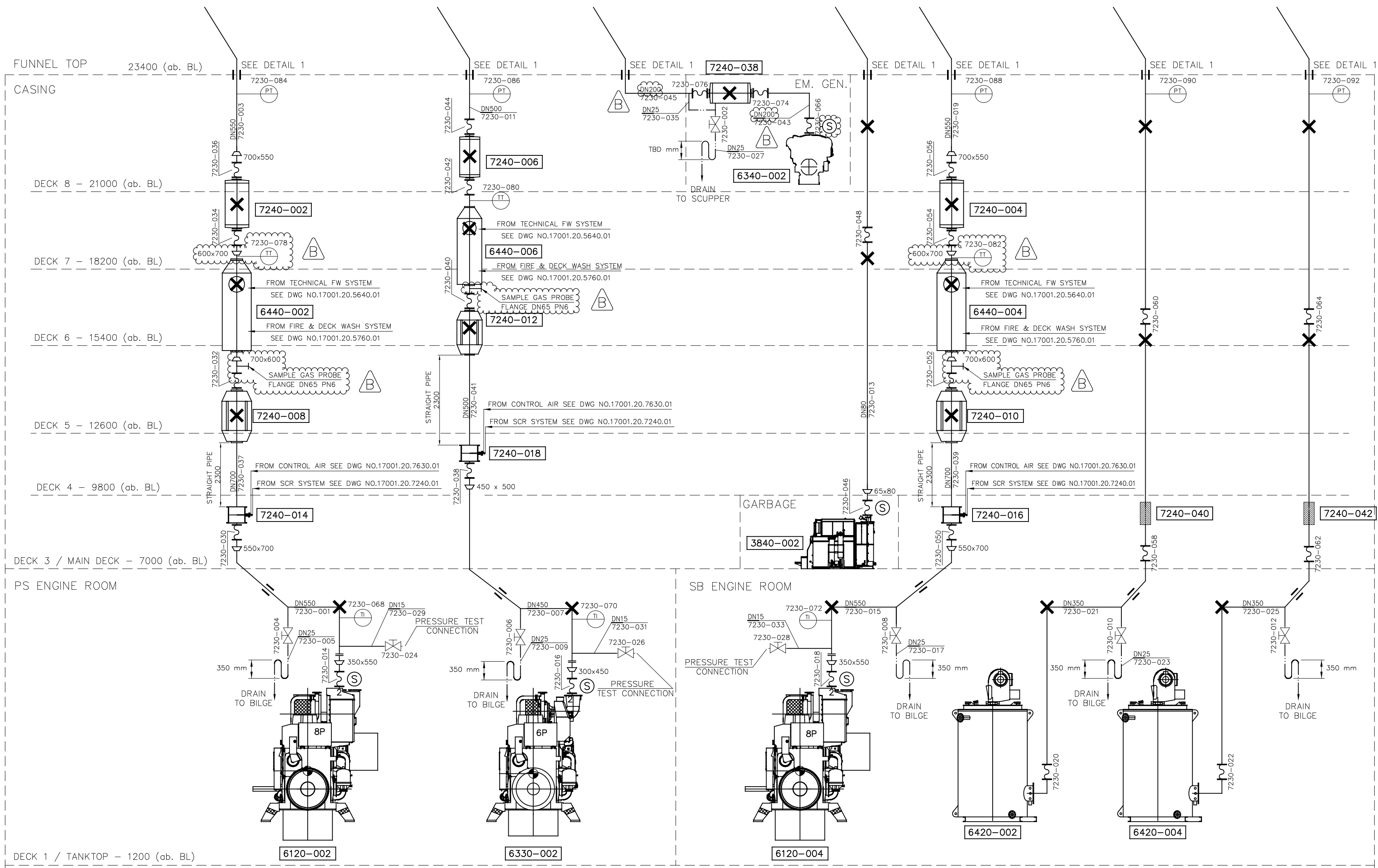
max. 45°C
min. 0°C
max. 37°C
60 %

Specific fuel oil consumption is measured on testbed according to ISO 3046-1,
using diesel-oil with a net heating value of 42,7 MJ/kg and no engine-driven pumps.
With engine-driven pumps, add 1 g/kWh for each pump.
Specs. lub. Oil consumption is for guidance only.

NOTE! Due to continuous development, some data may change.

NOx according to Tier 2 of Annex VI MARPOL 73/78

Anexo B



EQUIP. NUMBER	DESCRIPTION	MAIN CHARACT.
3840-002	THERMAL WASTE INCINERATOR	140kW @ 50-20 kg/hr
6120-002	MAIN ENGINE PS	2670 kW @ 1000 rpm
6120-004	MAIN ENGINE SB	2670 kW @ 1000 rpm
6330-002	AUXILIARY ENGINE	2000 kW @ 1000 rpm
6340-002	EMERGENCY GENERATOR ENGINE	515 mKw @ 1000 rpm
6420-002	OIL FIRED WATER HEATER No.1	1350 kW
6420-004	OIL FIRED WATER HEATER No.2	1350 kW
6440-002	ME ECONOMIZER No.1	521 kW @100%
6440-004	ME ECONOMIZER No.2	521 kW @100%
6440-006	AE ECONOMIZER	442 kW @100%
7240-002	ME EXHAUST SILENCER No.1	35 dB(A)
7240-004	ME EXHAUST SILENCER No.2	35 dB(A)
7240-006	AE EXHAUST SILENCER	35 dB(A)
7240-008	ME CATALYST HOUSING No.1	8X8
7240-010	ME CATALYST HOUSING No.2	8X8
7240-012	AE CATALYST HOUSING	6X8
7240-014	ME STATIC MIXER No.1	DN700
7240-016	ME STATIC MIXER No.2	DN700
7240-018	AE STATIC MIXER	DN500
7240-038	EMERGENCY GENERATOR ENGINE SILENCER	35 dB(A)
7240-040	SPARK ARRESTOR OIL FIRED WATER HEATER N°1	-
7240-042	SPARK ARRESTOR OIL FIRED WATER HEATER N°2	-

- NOTES:
- 1) FINAL ADJUSTMENTS IN FITTINGS OF EQUIPMENT TO BE FINALIZED IN DETAIL DESIGN ACCORDING TO SUPPLIERS RECOMMENDATIONS.
 - 2) FINAL POSITION AND NUMBER OF THE SUPPORT POINTS TO BE DECIDED IN THE DETAILED DESIGN.
 - 3) DRAINS TO BE PROVIDED AT THE LOW POINTS OF EXHAUST PIPING IN ACCORDANCE WITH THE ENGINE MAKERS RECOMMENDATIONS
 - 5) ITEMS MARKED WITH "S" ARE SUPPLIED WITH THE RELATED EQUIPMENT.
 - 6) FINAL NUMBER OF FLEXIBLE CONNECTIONS WILL BE ACCORDING TO THE TECHNICAL STUDY.
 - 7) DIESEL ENGINES WILL BE PROVIDED WITH IAPP CERTIFICATES WCH WILL BE DELIVERED TO CLASS SOCIETY BY
- EXHAUST GAS PIPES
DRAIN PIPES

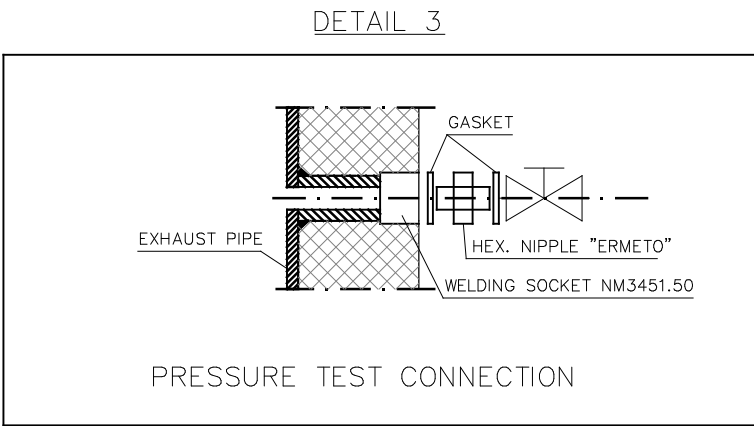
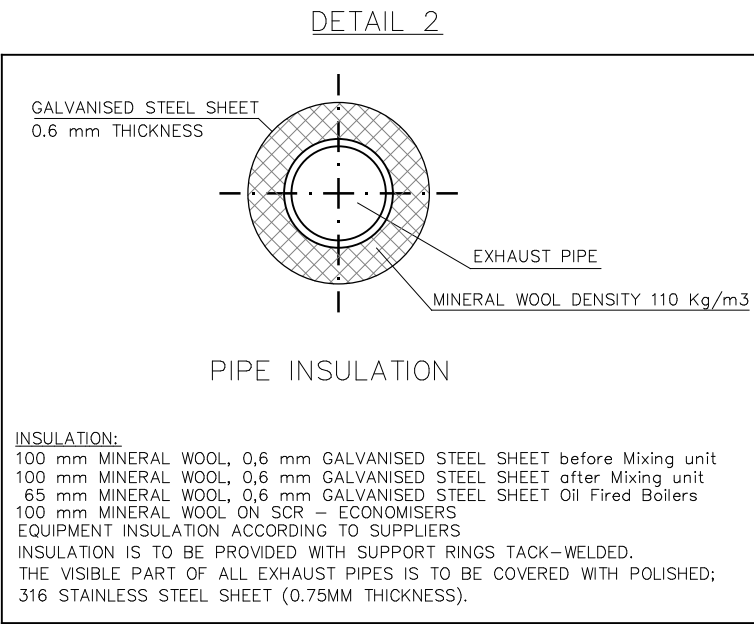
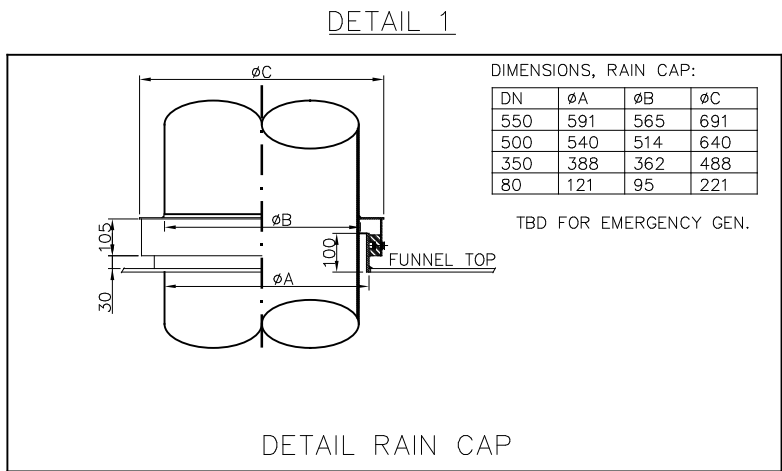
PIPE LINES 7230: ACCESSORIES 7230:
FROM 001 TO 045 FROM 002 TO 092

DIMENSIONS OF SEAMLESS STEEL PIPING P235TR1 (N.° 10254) EN 10216-1			DRAWING SYMBOLS	
DN	OUTER DIAMETER	THICKNESS		GLOBE VALVE
15	21,3	2		FLOW ARROWS
25	33,7	2,3		PIPE REDUCER
80	88,9	3,2		FIXED/ANCHOR POINT
DIMENSIONS OF WELDED STEEL PIPING P235TR1 (N.° 10254) EN 10217-1				SLIDING POINT
DN	OUTER DIAMETER	THICKNESS		FLEXIBLE CONNECTOR
350	355,6	4		TEMPERATURE INDICATOR
450	457	4		TEMPERATURE TRANSMITTER
500	508	4		PRESSURE TRANSMITTER
550	559	5		SPARK ARRESTOR
700	711	5		

CLASSIFICATION:

BV 1+HULL, +MACH, Passenger Ship, Polar Cat C, +AUT-UWS,
COMF NOISE 2/COMF VIB 2, CLEANSHIP, INWATERSURVEY.
ICE CLASS IB, Unrestricted navigation

SPECIFICATION OF SYSTEM:					
SUB-SYSTEM	MAX. TEMP.:	OPERATING PRESSURE:	DESIGN PRESSURE:	TEST PRESSURE:	PIPE CLASS:
EXHAUST GAS SYSTEM	410°C	0,5 BAR	1,5 BAR	-	III
DRAIN SYSTEM	410°C	ATMOSPHERIC	-	-	III



B	08/05/2018	GH/BB	UPDATED ACCORDING TO EQUIPMENT TECHNICAL INFORMATION			GH/SV	08/05/2018
A	07/02/2018	GH/FR	INITIAL ISSUE			GH/SV	07/02/2018
-	30/10/2017	PAK	ORIGINAL			MIM	30/10/2017
Rev.:	YYYY.MM.DD:	Init.:	Description of modifications:			Chk. by:	YYYY.MM.DD:



MYSTIC CRUISES
125m Explorer Vessel
EXH.GAS SYSTEM DIAGRAM

Drawing number:	LSH-P17001.20.7230	Date (orig. rel.):	30/10/2017	Revision:	B
Drawn by:	PAK	Checked by:	MIM	Size:	A2
Scale (U.N.O.):	None	Sheet:	1		

This drawing is property of LEADSHIP Ltd. and is not to be reproduced or shown to any third party without prior consent of LEADSHIP Ltd.



Nº de plano/Drawing No.:	WES16-0000-ESQ-0043	Escalas/Scales	N/A	Revision	B
Valido para buques/Valid for vessels:	Fichero/File	A2	Hoja/Sheet	1/1	

Anexo C



ELECTRIC LOAD BALANCE

WS C010 - WORLD EXPLORER

POWER GENERATION SYSTEM

Equipment Description	Total Quantity	Rating Each	Total Loading Capacity
ADG - Auxiliary Diesel Generator	2	950 kW	1900 kW
ME - Main Engine	2	2665 kW	5330 kW
PTO/PTI - Shaft Generator	2	2000 kW	4000 kW
EDG - Emergency Diesel Generator	1	600 kW	480 kW

SUMMARY

	TRANSIT FULL SPEED	TRANSIT 11-15 kn	TRANSIT 5-11 kn	MANOUVERING	DP/TROLLING	ANCHOR	BERTHED	EMERGENCY
HOTEL LOAD	1466 kW	1391 kW	1303 kW	2875 kW	1882 kW	1177 kW	864 kW	411 kW
PROPULSION LOAD	4500 kW	3500 kW	1500 kW	1100 kW				

	% OF CONNECT LOAD							
ADG 1	39%					62%	91%	
MAIN PROPELLER PS	2250 kW	1750 kW	750 kW	550 kW				
LOAD MAIN PROPELLER PS	84 %	66 %	28 %	21 %				
PTO PS		696 kW	1303 kW	1437 kW	941 kW			
LOAD PTO PS		35 %	65 %	72 %	47 %			
MAIN ENGINE PS	2320 kW	2551 kW	2172 kW	2111 kW	1011 kW			
LOAD MAIN ENGINE PS	87 %	96 %	82 %	79 %	38 %			

ADG 2	39%					62%		
MAIN PROPELLER SB	2250 kW	1750 kW	750 kW	550 kW				
LOAD MAIN PROPELLER SB	84 %	66 %	28 %	21 %				
PTO SB		696 kW		1437 kW	941 kW			
LOAD PTO SB		35 %		72 %	47 %			
MAIN ENGINE SB	2320 kW	2551 kW	773 kW	2111 kW	1011 kW			
LOAD MAIN ENGINESB	87 %	96 %	29 %	79 %	38 %			

EDG								86%
-----	--	--	--	--	--	--	--	-----

Rating Each	Nominal Power of the equipment
Loading Factor	Factor used to derate the connected load when it is not expected to run as its maximum rated power If a 15kW pump was selected for an application that will demand maximum 12kW, the loading factor will be 0.8
Duty Cycle	Factor used for intermittent and occasional loads which are expected to cycle on and off, eg. If a compressor is expected to run for 15 minutes over the period of 1 hour, it will have a duty cycle of 0.25

Explanation of Calculations

Avg. Power	Rating each * Loading Factor
Total Connected Load	Qty * Avg. Power * Duty Cycle

ELECTRIC LOAD BALANCE																				WS C010 - WORLD EXPLORER					
-----------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--------------------------	--	--	--	--	--

Description	Tot Qty	Bus	Rating Each	Loading Factor	Avg. Power	Transit Full Speed			Transit 11-15 kn			Transit 5-11 kn			Manoeuvring			DP			Anchor			Berthed			Emergency		
						Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load
PROPULSION EQUIPMENT																													
Steering Gear Motor Controller PS #1	1	400V MSB-A	22,00 kW	0,8	17,60 kW	1	0,8	14,08 kW	1	0,6	10,56 kW	1	0,4	7,04 kW	1	0,6	10,56 kW	1	0,7	12,32 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW
Steering Gear Motor Controller PS #2	1	400V EMS	22,00 kW	0,8	17,60 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	0,6	10,56 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	1	17,60 kW
Steering Gear Motor Controller SB #3	1	400V MSB-B	22,00 kW	0,8	17,60 kW	1	0,8	14,08 kW	1	0,6	10,56 kW	1	0,4	7,04 kW	1	0,6	10,56 kW	1	0,7	12,32 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW
Steering Gear Motor Controller SB #4	1	400V EMS	22,00 kW	0,8	17,60 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	0,6	10,56 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	1	17,60 kW
Air Compressor Starter #1	1	400V EMS	11,00 kW	1	11,00 kW	1	0,2	2,20 kW	1	0,2	2,20 kW	1	0,2	2,20 kW	1	0,2	2,20 kW	1	0,2	2,20 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	1	11,00 kW
Air Compressor Starter #2	1	400V MSB-B	11,00 kW	1	11,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW
Propulsion Main Gear PS Std-by Pump	1	400V MSB-A	30,00 kW	0,8	24,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW
Propulsion Main Gear SB Std-by Pump	1	400V MSB-B	30,00 kW	0,8	24,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW
BWT #1 Tunnel Hydraulic Pump Starter	1	400V MSB-A	3,60 kW	0,9	3,24 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	0,2	0,65 kW	1	0,2	0,65 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW
BWT #2 Tunnel Hydraulic Pump Starter	1	400V MSB-B	3,60 kW	0,9	3,24 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	0,2	0,65 kW	1	0,2	0,65 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW
PROPULSION EQUIPMENT TOTAL								30,36 kW			23,32 kW			16,28 kW			45,74 kW			28,14 kW			0,00 kW			0,00 kW			46,20 kW

MACHINERY EQUIPMENT																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
---------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

ELECTRIC LOAD BALANCE	WS C010 - WORLD EXPLORER
------------------------------	---------------------------------

Description	Tot Qty	Bus	Rating Each	Loading Factor	Avg. Power	Transit Full Speed			Transit 11-15 kn			Transit 5-11 kn			Manoeuvring			DP			Anchor			Berthed			Emergency		
						Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load
Fire & Deck Wash Pump #2	1	400V MSB-B	22,00 kW	0,9	19,80 kW	1	0,2	3,96 kW	1	0,2	3,96 kW	1	0,2	3,96 kW	1	0,2	3,96 kW	1	0,2	3,96 kW	1	0,2	3,96 kW	1	0,2	3,96 kW			0,00 kW
Emergency Fire Pump	1	400V EMS	22,00 kW	0,9	19,80 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	1	19,80 kW
Topping Up Fire Pump	1	400V MSB-A	2,20 kW	0,9	1,98 kW	1	0,1	0,20 kW	1	0,1	0,20 kW	1	0,1	0,20 kW	1	0,1	0,20 kW	1	0,1	0,20 kW	1	0,1	0,20 kW	1	0,1	0,20 kW			0,00 kW
Jacket FW preheater ME#1	1	400V MSB-A	18,00 kW	0,8	14,40 kW	1	0,2	2,88 kW	1	0,2	2,88 kW	1	0,2	2,88 kW	1	0,2	2,88 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW
Jacket FW preheater ME#2	1	400V MSB-B	18,00 kW	0,8	14,40 kW	1	0,2	2,88 kW	1	0,2	2,88 kW			0,00 kW	1	0,2	2,88 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW
Jacket FW preheater AE	1	400V MSB-A	18,00 kW	0,8	14,40 kW	1	0,2	2,88 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	0,2	2,88 kW	1	0,2	2,88 kW			0,00 kW
Jacket CW Std-By Pump ME#1	1	400V MSB-A	18,50 kW	0,8	14,80 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW
Jacket CW Std-By Pump ME#2	1	400V MSB-B	18,50 kW	0,8	14,80 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW
LT FW Cooling Std-By Pump ME#1	1	400V MSB-A	22,00 kW	0,9	19,80 kW	1	0,3	5,94 kW	1	0,3	5,94 kW	1	0,3	5,94 kW	1	0,3	5,94 kW	1	0,3	5,94 kW	1	0,1	1,98 kW			0,00 kW			0,00 kW
LT FW Cooling Std-By Pump ME#2	1	400V MSB-B	22,00 kW	0,9	19,80 kW	1	0,3	5,94 kW	1	0,3	5,94 kW	1	0,3	5,94 kW	1	0,3	5,94 kW	1	0,3	5,94 kW	1	0,1	1,98 kW			0,00 kW			0,00 kW
MDO Transfer Pump #1	1	400V EMS	3,00 kW	0,8	2,40 kW	1	0,2	0,48 kW	1	0,2	0,48 kW	1	0,2	0,48 kW	1	0,2	0,48 kW	1	0,2	0,48 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	1	2,40 kW
MDO Transfer Pump #2	1	400V EMS	3,00 kW	0,8	2,40 kW	1	0,2	0,48 kW	1	0,2	0,48 kW	1	0,2	0,48 kW	1	0,2	0,48 kW	1	0,2	0,48 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	1	2,40 kW
MDO ME#1 Feeder Pump	1	400V MSB-A	1,50 kW	0,9	1,35 kW	1	0,4	0,54 kW	1	0,4	0,54 kW	1	0,2	0,27 kW	1	0,3	0,41 kW	1	0,2	0,27 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW
MDO ME#2 Feeder Pump	1	400V MSB-B	1,50 kW	0,9	1,35 kW	1	0,4	0,54 kW	1	0,4	0,54 kW	1	0,2	0,27 kW	1	0,3	0,41 kW	1	0,2	0,27 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW
MDO AE Feeder Pump	1	400V MSB-B	1,50 kW	0,9	1,35 kW	1	0,3	0,41 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	0,2	0,27 kW	1	0,2	0,27 kW			0,00 kW
MDO Feeder Stb-By Pump	1	400V EMS	1,50 kW	0,9	1,35 kW	1	0,2	0,27 kW	1	0,2	0,27 kW	1	0,2	0,27 kW	1	0,2	0,27 kW	1	0,2	0,27 kW	1	0,2	0,27 kW	1	0,2	0,27 kW	1	1	1,35 kW
Clean MDO Transfer Pump	1	400V MSB-B	1,50 kW	0,9	1,35 kW	1	0,1	0,14 kW	1	0,1	0,14 kW	1	0,1	0,14 kW	1	0,1	0,14 kW	1	0,1	0,14 kW	1	0,1	0,14 kW	1	0,1	0,14 kW			0,00 kW
LO Priming Pump ME#1	1	400V MSB-A	5,50 kW	0,9	4,95 kW	1	0,2	0,99 kW	1	0,2	0,99 kW	1	0,2	0,99 kW	1	0,2	0,99 kW	1	0,2	0,99 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW
LO Priming Pump ME#2	1	400V MSB-B	5,50 kW	0,9	4,95 kW	1	0,2	0,99 kW	1	0,2	0,99 kW			0,00 kW	1	0,2	0,99 kW	1	0,2	0,99 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW
LO Priming Pump AE	1	400V EMS	5,50 kW	0,9	4,95 kW	1	0,2	0,99 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	0,2	0,99 kW	1	0,2	0,99 kW			0,00 kW
LO Std-By Pump ME#1	1	400V MSB-A	13,80 kW	0,8	11,04 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW
LO Std-By Pump ME#2	1	400V MSB-B	13,80 kW	0,8	11,04 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW
MDO ME#1 Std-By Booster Pump	1	400V MSB-A	1,50 kW	0,9	1,35 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW
MDO ME#2 Std-By Booster Pump	1	400V MSB-B	1,50 kW	0,9	1,35 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW
Clean LO Transfer Pump	1	400V MSB-A	1,50 kW	0,9	1,35 kW	1	0,2	0,27 kW	1	0,2	0,27 kW	1	0,2	0,27 kW	1	0,2	0,27 kW	1	0,2	0,27 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW
Dirty LO Transfer Pump	1	400V MSB-B	1,50 kW	0,9	1,35 kW	1	0,2	0,27 kW	1	0,2	0,27 kW	1	0,2	0,27 kW	1	0,2	0,27 kW	1	0,2	0,27 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW
Sludge & Waste Oil Transfer Pump	1	400V MSB-A	1,50 kW	0,9	1,35 kW	1	0,2	0,27 kW	1	0,2	0,27 kW	1	0,2	0,27 kW	1	0,2	0,27 kW	1	0,2	0,27 kW			0,00 kW	1	0,4	0,54 kW			0,00 kW
Stern-tube Oil Transfer Pump	1	400V MSB-B	0,75 kW	0,9	0,68 kW	1	0,1	0,07 kW	1	0,2	0,14 kW	1	0,2	0,14 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW
Save Cube A Heating	1	400V MSB-A	13,80 kW	0,9	12,42 kW	1	0,1	1,24 kW	1	0,1	1,24 kW	1	0,1	1,24 kW	1	0,1	1,24 kW	1	0,1	1,24 kW	1	0,1	1,24 kW	1	0,1	1,24 kW	1	0,1	1,24 kW
Save Cube B Heating	1	400V MSB-B	13,80 kW	0,9	12,42 kW	1	0,1	1,24 kW	1	0,1	1,24 kW	1	0,1	1,24 kW	1	0,1	1,24 kW	1	0,1	1,24 kW	1	0,1	1,24 kW	1	0,1	1,24 kW	1	0,1	1,24 kW
UREA Pump Station Starter	1	400V MSB-A	1,50 kW	0,9	1,35 kW	1	0,3	0,41 kW	1	0,3	0,41 kW	1	0,3	0,41 kW	1	0,3	0,41 kW	1	0,3	0,41 kW	1	0,3	0,41 kW	1	0,3	0,41 kW	1	0,3	0,41 kW
Nox Analyser Cabinet	1	400V MSB-A	4,00 kW	0,9	3,60 kW	1	0,8	2,88 kW	1	0,8	2,88 kW	1	0,8	2,88 kW	1	0,8	2,88 kW	1	0,8	2,88 kW	1	0,8	2,88 kW	1	0,8	2,88 kW	1	0,8	2,88 kW
SCR Common PLC Cabinet	1	400V MSB-B	1,50 kW	0,9	1,35 kW	1	0,8	1,08 kW	1	0,8	1,08 kW	1	0,8	1,08 kW	1	0,8	1,08 kW	1	0,8	1,08 kW	1	0,8	1,08 kW	1	0,8	1,08 kW	1	0,8	1,08 kW
Workshop Equipment	1	400V MSB-A	10,00 kW	0,9	9,00 kW	1	0,2	1,80 kW	1	0,2	1,80 kW	1	0,2	1,80 kW	1	0,2	1,80 kW	1	0,2	1,80 kW	1	0,2	1,80 kW	1	0,2	1,80 kW	1	0,2	1,80 kW
MACHINERY EQUIPMENT TOTAL								291,89 kW			251,82 kW			232,07 kW			226,17 kW			286,22 kW			248,08 kW			205,81 kW			55,65 kW

DECK EQUIPMENT																													
Mooring Winch Aft PS	1	400V MSB-B	22,00 kW	0,9	19,80 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	0,3	5,94 kW	1	0,3	5,94 kW			0,00 kW
Mooring Winch Aft SB	1	400V MSB-A	22,00 kW	0,9	19,80 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	0,3	5,94 kW	1	0,3	5,94 kW
Mooring Winch Fwd PS	1	400V MSB-A	22,00 kW	0,9	19,80 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	0,3	5,94 kW	1	0,3	5,94 kW
Mooring Winch Fwd PS	1	400V MSB-B	22,00 kW	0,9	19,80 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	0,3	5,94 kW	1	0,3	5,94 kW
Life Boats Crane PS	1	400V MSB-A	15,00 kW	0,9	13,50 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	0,1	1,35 kW			0,00 kW
Life Boats Crane SB	1	400V MSB-B	15,00 kW	0,9	13,50 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	0,1	1,35 kW			0,00 kW
Rescue Boats Crane PS	1	400V MSB-A	7,00 kW	0,9	6,30 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	0,2	1,26 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW
Rescue Boats Crane SB	1	400V MSB-B	7,00 kW	0,9	6,30 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	0,2	1,26 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW
Provision/Crew Access Doors PS	1	400V MSB-A	9,90 kW	0,9	8,91 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	0,3	2,67 kW			0,00 kW
Provision/Crew Access Doors SB	1	400V MSB-B	9,90 kW	0,9	8,91 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	0,3	2,67 kW			0,00 kW
Gangway PS	1	400V MSB-A	9,00 kW	0,9	8,10 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	0,3	2,43 kW
Gangway SB	1	400V MSB-B	9,00 kW	0,9	8,10 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	0,3	2,43 kW
Expedition Embarkation Doors PS #1	1	400V MSB-A	3,00 kW	0,9	2,70 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	0,5	1,35 kW	1	0,5	1,35 kW			0,00 kW			0,00 kW
Expedition Embarkation Doors PS #2	1	400V MSB-A	3,00 kW	0,9	2,70 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	0,5	1,35 kW	1	0,5	1,35 kW			0,00 kW			0,00 kW
Expedition Embarkation Doors SB #3	1	400V MSB-B	3,00 kW	0,9	2,70 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	0,5	1,35 kW	1	0,5	1,35 kW			0,00 kW			0,00 kW
Expedition Embarkation Doors SB #4	1	400V MSB-B	3,00 kW	0,9	2,70 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	0,5	1,35 kW	1	0,5	1,35 kW			0,00 kW			0,00 kW
Bunker Door PS	1	400V MSB-A	3,00 kW	0,9	2,70 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	0,4	1,08 kW	1	0,4	1,08 kW			0,00 kW

ELECTRIC LOAD BALANCE	WS C010 - WORLD EXPLORER
------------------------------	---------------------------------

Description	Tot Qty	Bus	Rating Each	Loading Factor	Avg. Power	Transit Full Speed			Transit 11-15 kn			Transit 5-11 kn			Maneuvering			DP			Anchor			Berthed			Emergency		
						Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load
Bunker Door SB	1	400V MSB-B	3,00 kW	0,9	2,70 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	0,4	1,08 kW	1	0,4	1,08 kW			0,00 kW			
Watertight Doors #1	1	400V EMS	0,75 kW	0,9	0,68 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	1	0,68 kW			
Watertight Doors #2	1	400V EMS	0,75 kW	0,9	0,68 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	1	0,68 kW			
Watertight Doors #3	1	400V EMS	0,75 kW	0,9	0,68 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	1	0,68 kW			
Watertight Doors #4	1	400V EMS	0,75 kW	0,9	0,68 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	1	0,68 kW			
Watertight Doors #5	1	400V EMS	0,75 kW	0,9	0,68 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	1	0,68 kW			
Watertight Doors #6	1	400V EMS	0,75 kW	0,9	0,68 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	1	0,68 kW			
Watertight Doors #7	1	400V EMS	0,75 kW	0,9	0,68 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	1	0,68 kW			
Zodiac Cranes PS	1	400V MSB-A	45,00 kW	0,9	40,50 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	0,4	16,20 kW	1	0,4	16,20 kW			0,00 kW			
Zodiac Cranes SB	1	400V MSB-B	45,00 kW	0,9	40,50 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	0,4	16,20 kW	1	0,4	16,20 kW			0,00 kW			
Zodiac Refueling PS	1	400V MSB-A	4,40 kW	0,9	3,96 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	0,4	1,58 kW	1	0,4	1,58 kW			0,00 kW			
Zodiac Refueling SB	1	400V MSB-B	4,40 kW	0,9	3,96 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	0,4	1,58 kW	1	0,4	1,58 kW			0,00 kW			
PAX Lifts Fwd	1	400V EMS	11,00 kW	0,8	8,80 kW	1	0,4	3,52 kW	1	0,4	3,52 kW	1	0,4	3,52 kW	1	0,3	2,64 kW	1	0,3	2,64 kW	1	0,3	2,64 kW	1	0,2	1,76 kW			
PAX Lifts Aft	1	400V EMS	11,00 kW	0,8	8,80 kW	1	0,4	3,52 kW	1	0,4	3,52 kW	1	0,4	3,52 kW	1	0,3	2,64 kW	1	0,3	2,64 kW	1	0,3	2,64 kW	1	0,2	1,76 kW			
Service Lifts SL1	1	400V EMS	7,00 kW	0,8	5,60 kW	1	0,4	2,24 kW	1	0,4	2,24 kW	1	0,4	2,24 kW	1	0,3	1,68 kW	1	0,3	1,68 kW	1	0,3	1,68 kW	1	0,2	1,12 kW			
Service Lifts SL2	1	400V EMS	5,20 kW	0,8	4,16 kW	1	0,4	1,66 kW	1	0,4	1,66 kW	1	0,4	1,66 kW	1	0,3	1,25 kW	1	0,3	1,25 kW	1	0,3	1,25 kW	1	0,2	0,83 kW			
Trolley Lift	1	400V MSB-A	3,00 kW	0,9	2,70 kW	1	0,8	2,16 kW	1	0,8	2,16 kW	1	0,8	2,16 kW	1	0,8	2,16 kW	1	0,8	2,16 kW	1	0,6	1,62 kW	1	0,6	1,62 kW			
Dumbwaiter	1	400V MSB-A	2,00 kW	0,9	1,80 kW	1	0,8	1,44 kW	1	0,8	1,44 kW	1	0,8	1,44 kW	1	0,8	1,44 kW	1	0,8	1,44 kW	1	0,6	1,08 kW	1	0,6	1,08 kW			
Sprinkler / Water Mist System	1	400V EMS	170,00 kW	0,9	153,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			
Service Air Compressor	1	400V MSB-A	15,00 kW	0,9	13,50 kW	1	0,3	4,05 kW	1	0,3	4,05 kW	1	0,3	4,05 kW	1	0,3	4,05 kW	1	0,3	4,05 kW	1	0,1	1,35 kW	1	0,1	1,35 kW			
Control Air Compressor	1	400V EMS	7,50 kW	0,8	6,00 kW	1	0,3	1,80 kW	1	0,3	1,80 kW	1	0,3	1,80 kW	1	0,3	1,80 kW	1	0,2	1,20 kW	1	0,1	0,60 kW	1	0,1	0,60 kW			
Air Dryer #1	1	400V EMS	0,50 kW	0,9	0,45 kW	1	0,3	0,14 kW	1	0,3	0,14 kW	1	0,2	0,09 kW	1	0,3	0,14 kW	1	0,2	0,09 kW	1	0,1	0,05 kW	2	0,1	0,09 kW			
Air Dryer #2	1	400V MSB-B	0,50 kW	1,9	0,95 kW	1	0,3	0,29 kW	1	0,3	0,29 kW	1	0,2	0,19 kW	1	0,3	0,29 kW	1	0,2	0,19 kW	1	0,1	0,10 kW	1	0,1	0,10 kW			
Swimming Pool Equipment	1	400V MSB-A	50,00 kW	0,9	45,00 kW	1	0,3	13,50 kW	1	0,3	13,50 kW	1	0,3	13,50 kW	1	0,3	13,50 kW	1	0,3	13,50 kW	2	0,3	27,00 kW	2	0,1	9,00 kW			
230V, 32A Socket EDG room	1	230V MSB-A	7,00 kW	0,8	5,60 kW																				0,00 kW				
DECK EQUIPMENT TOTAL								35,73 kW			35,73 kW			35,59 kW			33,00 kW			75,74 kW			111,00 kW			56,85 kW			
																</													

HVAC EQUIPMENT																													
SPA Area AHU	1	400V MSB-A	3,00 kW	0,8	2,40 kW	1	0,5	1,20 kW	1	0,5	1,20 kW	1	0,5	1,20 kW	1	0,5	1,20 kW	1	0,5	1,20 kW	1	0,5	1,20 kW	1	0,2	0,48 kW			0,00 kW
AFT Stairs AHU	1	400V EMS	2,10 kW	0,75	1,58 kW	1	1	1,58 kW	1	1	1,58 kW	1	1	1,58 kW	1	1	1,58 kW	1	1	1,58 kW	1	1	1,58 kW	1	1	1,58 kW	1	1	1,58 kW
Lido Galley AHU	1	400V MSB-A	1,10 kW	0,85	0,94 kW	1	0,5	0,47 kW	1	0,5	0,47 kW	1	0,5	0,47 kW	1	0,5	0,47 kW	1	0,5	0,47 kW	1	0,5	0,47 kW	1	0,3	0,28 kW			0,00 kW
Cabins Decks 5 & 6 AHU	1	400V MSB-B	5,50 kW	0,8	4,40 kW	1	1	4,40 kW	1	1	4,40 kW	1	1	4,40 kW	1	1	4,40 kW	1	1	4,40 kW	1	1	4,40 kW	1	1	4,40 kW			0,00 kW
Main Restaurant + Crew Mess + Day Room	1	230V MSB-B	15,00 kW	1	15,00 kW	1	0,6	9,00 kW	1	0,6	9,00 kW	1	0,6	9,00 kW	1	0,6	9,00 kW	1	0,6	9,00 kW	1	0,6	9,00 kW	1	0,6	9,00 kW			0,00 kW
Arcade AHU	1	400V MSB-A	11,00 kW	0,7	7,70 kW	1	0,5	3,85 kW	1	0,5	3,85 kW	1	0,5	3,85 kW	1	0,5	3,85 kW	1	0,5	3,85 kW	1	0,5	3,85 kW	1	0,5	3,85 kW			0,00 kW
Main Galley AHU	1	400V MSB-B	30,00 kW	0,75	22,50 kW	1	0,6	13,50 kW	1	0,6	13,50 kW	1	0,6	13,50 kW	1	0,6	13,50 kW	1	0,6	13,50 kW	1	0,4	9,00 kW	1	0,4	9,00 kW			0,00 kW
Main Lounge + Terrace AHU	1	400V MSB-B	18,50 kW	0,85	15,73 kW	1	0,6	9,44 kW	1	0,6	9,44 kW	1	0,6	9,44 kW	1	0,6	9,44 kW	1	0,6	9,44 kW	1	0,6	9,44 kW	1	0,6	9,44 kW			0,00 kW
Auditorium AHU	1	400V MSB-A	11,00 kW	0,85	9,35 kW	1	0,4	3,74 kW	1	0,4	3,74 kW	1	0,4	3,74 kW	1	0,4	3,74 kW	1	0,4	3,74 kW	1	0,4	3,74 kW	1	0,3	2,81 kW			0,00 kW
Observation Lounge AHU	1	400V MSB-B	11,00 kW	1	11,00 kW	1	0,4	4,40 kW	1	0,4	4,40 kW	1	0,4	4,40 kW	1	0,4	4,40 kW	1	0,4	4,40 kW	1	0,4	4,40 kW	1	0,3	3,30 kW			0,00 kW
FWD Stairs AHU	1	400V EMS	4,00 kW	0,85	3,40 kW	1	1	3,40 kW	1	1	3,40 kW	1	1	3,40 kW	1	1	3,40 kW	1	1	3,40 kW	1	1	3,40 kW	1	1	3,40 kW	1	1	3,40 kW
Cabins Decks 5 & 6 + Whell House AHU	1	400V MSB-A	5,50 kW	0,8	4,40 kW	1	0,7	3,08 kW	1	0,7	3,08 kW	1	0,7	3,08 kW	1	0,7	3,08 kW	1	0,7	3,08 kW	1	0,7	3,08 kW	1	0,7	3,08 kW			0,00 kW
Cabins Decks 2 & 3 + Laundry AHU	1	400V MSB-B	11,00 kW	0,75	8,25 kW	1	0,7	5,78 kW	1	0,7	5,78 kW	1	0,7	5,78 kW	1	0,7	5,78 kW	1	0,7	5,78 kW	1	0,7	5,78 kW	1	0,7	5,78 kW			0,00 kW
SPA Area Exhaust Fan	1	400V MSB-A	1,50 kW	0,85	1,28 kW	1	0,3	0,38 kW	1	0,3	0,38 kW	1	0,3	0,38 kW	1	0,3	0,38 kW	1	0,3	0,38 kW	1	0,3	0,38 kW	1	0,2	0,26 kW			0,00 kW
AFT Stairs Exhaust Fan	1	400V EMS	0,60 kW	0,75	0,45 kW	1	0,8	0,36 kW	1	0,8	0,36 kW	1	0,8	0,36 kW	1	0,8	0,36 kW	1	0,8	0,36 kW	1	0,8	0,36 kW	1	0,8	0,36 kW	1	1	0,45 kW
AFT Stairs Return Fan	1	400V EMS	1,50 kW	0,8	1,20 kW	1	0,8	0,96 kW	1	0,8	0,96 kW	1	0,8	0,96 kW	1	0,8	0,96 kW	1	0,8	0,96 kW	1	0,8	0,96 kW	1	0,8	0,96 kW	1	1	1,20 kW
Lido Galley Exhaust Fan	1	400V MSB-B	1,10 kW	0,85	0,94 kW	1	0,3	0,28 kW	1	0,3	0,28 kW	1	0,3	0,28 kW	1	0,3	0,28 kW	1	0,3	0,28 kW	1	0,3	0,28 kW	1	0,2	0,19 kW			0,00 kW
Cabins Decks 5 & 6 Exhaust Fan	1	400V MSB-A	5,50 kW	0,8	4,40 kW	1	0,7	3,08 kW	1	0,7	3,08 kW	1	0,7	3,08 kW	1	0,7	3,08 kW	1	0,7	3,08 kW	1	0,7	3,08 kW	1	0,7	3,08 kW			0,00 kW
Main Rest. + Crew Mess + Day Room Ex. Fan	1	400V MSB-A	11,00 kW	0,7	7,70 kW	1	0,6	4,62 kW	1	0,6	4,62 kW	1	0,6	4,62 kW	1	0,6	4,62 kW	1	0,6	4,62 kW	1	0,6	4,62 kW	1	0,6	4,62 kW			0,00 kW
Main Rest. + Crew Mess + Day Room Rt. Fan	1	400V MSB-A	11,00 kW	0,7	7,70 kW	1	0,6	4,62 kW	1	0,6	4,62 kW	1	0,6	4,62 kW	1	0,6	4,62 kW	1	0,6	4,62 kW	1	0,6	4,62 kW	1	0,6	4,62 kW			0,00 kW
Arcade Exhaust Fan	1	400V MSB-B	5,50 kW	0,85	4,68 kW	1	0,4	1,87 kW	1	0,4	1,87 kW	1	0,4	1,87 kW	1	0,4	1,87 kW	1	0,4	1,87 kW	1	0,4	1,87 kW	1	0,4	1,87 kW			0,00 kW
Arcade Return Fan	1	400V MSB-B	4,00 kW	0,75	3,00 kW	1	0,4	1,20 kW	1	0,4	1,20 kW	1	0,4	1,20 kW	1	0,4	1,20 kW	1	0,4	1,20 kW	1	0,4	1,20 kW	1	0,4	1,20 kW			0,00 kW
Main Galley Exhaust Fan	1	400V MSB-A	30,00 kW	0,85	25,50 kW	1	0,6	15,30 kW	1	0,6	15,30 kW	1	0,6	15,30 kW	1	0,6	15,30 kW	1	0,6	15,30 kW	1	0,6	15,30 kW	1	0,6	15,30 kW			0,00 kW
Main Galley Exhaust Fan	1	400V MSB-A	30,00 kW	0,85	25,50 kW	1	0,6	15,30 kW	1	0,6	15,30 kW	1	0,6	15,30 kW	1	0,6	15,30 kW	1	0,6	15,30 kW	1	0,6	15,30 kW	1	0,6	15,30 kW			0,00 kW
Main Lounge + Entrance Exhaust Fan	1	400V MSB-B	11,00 kW	0,75	8,25 kW	1	0,6	4,95 kW	1	0,6	4,95 kW	1	0,6	4,95 kW	1	0,6	4,95 kW	1	0,6	4,95 kW	1	0,6	4,95 kW	1	0,6	4,95 kW			0,00 kW
Main Lounge + Entrance Return Fan	1	400V MSB-B	7,50 kW	1	7,50 kW	1	0,6	4,50 kW	1	0,6	4,50 kW	1	0,6	4,50 kW	1	0,6	4,50 kW	1	0,6	4,50 kW	1	0,6	4,50 kW	1	0,6	4,50 kW			0,00 kW

LSH-P17001.20.VE52 - ElectricLoadBalance_r3	15.03.2018	5/8
---	------------	-----

ELECTRIC LOAD BALANCE																									WS C010 - WORLD EXPLORER				
Description	Tot Qty	Bus	Rating Each	Loading Factor	Avg. Power	Transit Full Speed			Transit 11-15 kn			Transit 5-11 kn			Manouvering			DP			Anchor			Berthed			Emergency		
						Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load
CW Pump #2 - 2st Circuit	1	400V MSB-B	30,00 kW	0,8	24,00 kW	1	0,5	12,00 kW	1	0,5	12,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW
CW Pump #3 - 2st Circuit	1	400V MSB-B	30,00 kW	0,8	24,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW
Hot Water Heater #1	1	400V MSB-A	26,50 kW	0,8	21,20 kW	1	0,7	14,84 kW	1	0,7	14,84 kW	1	0,7	14,84 kW	1	0,7	14,84 kW	1	0,6	12,72 kW	1	0,5	10,60 kW	1	0,8	16,96 kW			0,00 kW
Hot Water Heater #2	1	400V MSB-B	26,50 kW	0,8	21,20 kW	1	0,7	14,84 kW	1	0,7	14,84 kW	1	0,7	14,84 kW	1	0,7	14,84 kW	1	0,6	12,72 kW	1	0,5	10,60 kW			0,00 kW			0,00 kW
Hot Water Heater #3	1	400V MSB-A	22,50 kW	0,8	18,00 kW	1	0,7	12,60 kW	1	0,7	12,60 kW	1	0,7	12,60 kW	1	0,7	12,60 kW	1	0,5	9,00 kW	1	0,5	9,00 kW	1	0,4	7,20 kW			0,00 kW
Fill & Drain Pump Starter	1	400V MSB-B	1,40 kW	0,9	1,26 kW	1	0,7	0,88 kW	1	0,7	0,88 kW	1	0,7	0,88 kW	1	0,7	0,88 kW	1	0,5	0,63 kW	1	0,5	0,63 kW	1	0,4	0,50 kW			0,00 kW
HWH System Control	1	230V MSB-A	0,20 kW	0,9	0,18 kW	1	1	0,18 kW	1	1	0,18 kW	1	1	0,18 kW	1	1	0,18 kW	1	1	0,18 kW	1	1	0,18 kW	1	1	0,18 kW			0,00 kW
Cabin Fancoil	82	230V MSB-B	0,10 kW	1	0,10 kW	82	0,4	3,28 kW	82	0,4	3,28 kW	82	0,4	3,28 kW	82	0,4	3,28 kW	82	0,4	3,28 kW	82	0,2	1,64 kW	82	0,2	1,64 kW			0,00 kW
Cabin Fancoil	81	230V MSB-A	0,10 kW	1	0,10 kW	81	0,4	3,24 kW	81	0,4	3,24 kW	81	0,4	3,24 kW	81	0,4	3,24 kW	81	0,4	3,24 kW	81	0,2	1,62 kW	81	0,2	1,62 kW			0,00 kW
HVAC EQUIPMENT TOTAL								563,66 kW			563,66 kW			515,66 kW			515,66 kW			507,57 kW			495,57 kW			324,78 kW			11,97 kW
MACHINERY VENTILATION EQUIPMENT																													
Engine Room PS VM.1	1	400V MSB-A	37,00 kW	0,9	33,30 kW	1	0,8	26,64 kW	1	0,6	19,98 kW	1	0,4	13,32 kW	1	0,5	16,65 kW	1	0,6	19,98 kW	1	0,3	9,99 kW	1	0,3	9,99 kW			0,00 kW
Engine Room STB VM.1	1	400V MSB-B	37,00 kW	0,9	33,30 kW	1	0,8	26,64 kW	1	0,6	19,98 kW	1	0,4	13,32 kW	1	0,5	16,65 kW	1	0,6	19,98 kW	1	0,3	9,99 kW	1	0,3	9,99 kW			0,00 kW
Engine Room PS RM.1	1	400V MSB-A	37,00 kW	0,9	33,30 kW	1	0,8	26,64 kW	1	0,6	19,98 kW	1	0,6	19,98 kW	1	0,6	19,98 kW	1	0,6	19,98 kW	1	0,3	9,99 kW	1	0,3	9,99 kW			0,00 kW
Engine Room STB RM.2	1	400V MSB-B	37,00 kW	0,9	33,30 kW	1	0,8	26,64 kW	1	0,6	19,98 kW	1	0,6	19,98 kW	1	0,6	19,98 kW	1	0,6	19,98 kW	1	0,3	9,99 kW	1	0,3	9,99 kW			0,00 kW
Engine Room PS EM.1	1	400V EMS	30,00 kW	0,8	24,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	1	24,00 kW
Engine Room STB EM.2	1	400V EMS	30,00 kW	0,8	24,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	1	24,00 kW
Pump Room V.01.01.01	1	400V MSB-A	3,00 kW	0,9	2,70 kW	1	0,8	2,16 kW	1	0,8	2,16 kW	1	0,8	2,16 kW	1	0,8	2,16 kW	1	0,3	0,81 kW	1	0,3	0,81 kW	1	0,3	0,81 kW			0,00 kW
Pump Room E.01.01.01	1	400V MSB-A	3,00 kW	0,9	2,70 kW	1	0,8	2,16 kW	1	0,8	2,16 kW	1	0,8	2,16 kW	1	0,8	2,16 kW	1	0,3	0,81 kW	1	0,3	0,81 kW	1	0,3	0,81 kW			0,00 kW
LO & FO Room V.01.01.02	1	400V MSB-B	1,50 kW	0,9	1,35 kW	1	1	1,35 kW	1	1	1,35 kW	1	1	1,35 kW	1	1	1,35 kW	1	1	1,35 kW	1	1	1,35 kW	1	1	1,35 kW			0,00 kW
LO & FO Room E.01.01.02	1	400V MSB-B	1,50 kW	0,9	1,35 kW	1	1	1,35 kW	1	1	1,35 kW	1	1	1,35 kW	1	1	1,35 kW	1	1	1,35 kW	1	1	1,35 kW	1	1	1,35 kW			0,00 kW
Stabilizer PS E.01.02.01	1	400V MSB-A	1,10 kW	0,85	0,94 kW	1	1	0,94 kW	1	1	0,94 kW	1	1	0,94 kW	1	1	0,94 kW	1	1	0,94 kW	1	1	0,94 kW	1	1	0,94 kW			0,00 kW
Stabilizer STB E.01.02.02	1	400V MSB-B	1,10 kW	0,85	0,94 kW	1	1	0,94 kW	1	1	0,94 kW	1	1	0,94 kW	1	1	0,94 kW	1	1	0,94 kW	1	1	0,94 kW	1	1	0,94 kW			0,00 kW
Water Mist System Room E.02.02.01	1	400V EMS	3,00 kW	0,9	2,70 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	1	2,70 kW
Bowthruster Room V.02.02.01	1	400V MSB-B	5,50 kW	0,85	4,68 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	0,5	2,34 kW	1	0,6	2,81 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW
Bowthruster Room E.02.02.02	1	400V MSB-B	5,50 kW	0,85	4,68 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	0,5	2,34 kW	1	0,6	2,81 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW
Sewage Room V.02.01.01	1	400V MSB-A	4,00 kW	0,9	3,60 kW	1	0,6	2,16 kW	1	0,6	2,16 kW	1	0,6	2,16 kW	1	0,6	2,16 kW	1	0,6	2,16 kW	1	0,3	1,08 kW	1	0,3	1,08 kW			0,00 kW
Sewage Room E.02.01.01	1	400V MSB-A	4,00 kW	0,9	3,60 kW	1	0,6	2,16 kW	1	0,6	2,16 kW	1	0,6	2,16 kW	1	0,6	2,16 kW	1	0,6	2,16 kW	1	0,3	1,08 kW	1	0,3	1,08 kW			0,00 kW
Expedition Store E.02.01.02	1	400V MSB-B	1,50 kW	0,75	1,13 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	0,6	0,68 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW
Emergency Pump Room V.02.01.02	1	400V EMS	1,50 kW	0,95	1,43 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	1	1,43 kW
Emergency Pump Room E.02.01.02	1	400V EMS	1,50 kW	0,95	1,43 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	1	1,43 kW
Chiller Room	1	400V MSB-A	4,00 kW	0,8	3,20 kW	1	0,7	2,24 kW	1	0,7	2,24 kW	1	0,7	2,24 kW	1	0,7	2,24 kW	1	0,7	2,24 kW	1	0,4	1,28 kW	1	0,4	1,28 kW			0,00 kW
Chiller Room	1	400V MSB-B	4,00 kW	0,8	3,20 kW	1	0,7	2,24 kW	1	0,7	2,24 kW	1	0,7	2,24 kW	1	0,7	2,24 kW	1	0,7	2,24 kW	1	0,4	1,28 kW	1	0,4	1,28 kW			0,00 kW
Steering Gear PS E.01.02.03	1	400V MSB-A	1,50 kW	0,85	1,28 kW	1	1	1,28 kW	1	0,6	0,77 kW	1	0,6	0,77 kW	1	1	1,28 kW	1	0,6	0,77 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW
Steering Gear PS E.01.02.04	1	400V MSB-A	1,50 kW	0,85	1,28 kW	1	1	1,28 kW	1	0,6	0,77 kW	1	0,6	0,77 kW	1	1	1,28 kW	1	0,6	0,77 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW
Paint Store E.01.05.02	1	400V MSB-B	0,80 kW	0,85	0,68 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW	1	0,3	0,20 kW			0,00 kW
MACHINERY VENTILATION EQUIPMENT TOTAL								127,00 kW			99,34 kW			86,02 kW			98,38 kW			102,93 kW			51,75 kW			46,50 kW			53,55 kW
GALLEY																													
Installed equipment (estimated)	1	400V MSB-A	320,00 kW	0,7	224,00 kW	1	0,7	156,80 kW	1	0,7	156,80 kW	1	0,7	156,80 kW	1	0,7	156,80 kW	1	0,7	156,80 kW	1	0,4	89,60 kW	1	0,3	67,20 kW			0,00 kW
GALLEY TOTAL								156,80 kW			156,80 kW			156,80 kW			156,80 kW			156,80 kW			89,60 kW			67,20 kW			0,00 kW
RESTAURANT/PANTRY EQUIPMENT																													
Installed equipment (estimated)	1	400V MSB-B	50,00 kW	0,7	35,00 kW	1	0,7	24,50 kW	1	0,7	24,50 kW	1	0,7	24,50 kW	1	0,7	24,50 kW	1	0,7	24,50 kW	1	0,4	14,00 kW	1	0,3	10,50 kW			0,00 kW
RESTAURANT/PANTRY EQUIP. TOTAL								24,50 kW			24,50 kW			24,50 kW			24,50 kW			24,50 kW			14,00 kW			10,50 kW			0,00 kW
LAUNDRY																													
Installed equipment (estimated)	1	400V MSB-B	240,00 kW	0,7	168,00 kW	1	0,7	117,60 kW	1	0,7	117,60 kW	1	0,7	117,60 kW	1	0,7	117,60 kW	1	0,7	117,60 kW	1	0,4	67,20 kW	1	0,4	67,20 kW			0,00 kW
LAUNDRY TOTAL								117,60 kW			117,60 kW			117,60 kW			117,60 kW			117,60 kW			67,20 kW			67,20 kW			0,00 kW
ACCOMMODATION AND LIGHTING																													
Lights, Accomodations Normal	5000	230V MSB-A	0,006 kW	1	0,006 kW	5000	0,5	15,00 kW	5000	0,5	15,00 kW	5000	0,5	15,00 kW	5000	0,5	15,00 kW	5000	0,5	15,00 kW	5000	0,4	12,00 kW	5000	0,4	12,00 kW			0,00 kW
Lights, Accomodations Emergency	2000	230V EMS	0,006 kW	1	0,006 kW																					2000	1	12,00 kW	

ELECTRIC LOAD BALANCE																									WS C010 - WORLD EXPLORER							
Description	Tot Qty	Bus	Rating Each	Loading Factor	Avg. Power	Transit Full Speed			Transit 11-15 kn			Transit 5-11 kn			Manoeuvring			DP			Anchor			Berthed			Emergency					
						Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load			
Lights, External decks Normal	150	230V MSB-B	0,036 kW	1	0,036 kW	150	1	5,40 kW	150	1	5,40 kW	150	1	5,40 kW	150	1	5,40 kW	150	1	5,40 kW	150	1	5,40 kW	150	1	5,40 kW			0,00 kW			
Lights, External decks Emergency	50	230V EMS	0,036 kW	1	0,036 kW																					50	1	1,80 kW				
Lights, Machinery Spaces Normal	300	230V MSB-A	0,036 kW	1	0,036 kW	300	0,9	9,72 kW	300	0,9	9,72 kW	300	0,9	9,72 kW	300	0,9	9,72 kW	300	0,9	9,72 kW	300	0,9	9,72 kW	300	0,9	9,72 kW	200	0,9	6,48 kW			
Lights, Machinery Spaces Emergency	100	230V EMS	0,036 kW	1	0,036 kW																					100	1	3,60 kW				
Flood lights Normal	50	400V MSB-B	0,10 kW	1	0,100 kW	50	1	5,00 kW	50	1	5,00 kW	50	1	5,00 kW	50	1	5,00 kW	50	1	5,00 kW	50	1	5,00 kW	50	1	5,00 kW	30	1	3,00 kW			
Flood lights Emergency	15	230V EMS	0,10 kW	1	0,100 kW																					15	1	1,50 kW				
TV sets PS	78	230V MSB-A	0,12 kW	1	0,12 kW	78	0,4	3,71 kW	78	0,4	3,71 kW	78	0,4	3,71 kW	78	0,4	3,71 kW	78	0,4	3,71 kW	78	0,4	3,71 kW	78	0,4	3,71 kW	78	0,3	2,78 kW			
TV sets SB	78	230V MSB-B	0,12 kW	1	0,12 kW	78	0,4	3,71 kW	78	0,4	3,71 kW	78	0,4	3,71 kW	78	0,4	3,71 kW	78	0,4	3,71 kW	78	0,4	3,71 kW	78	0,4	3,71 kW	78	0,3	2,78 kW			
Computers & POS	11	230V MSB-A	0,45 kW	0,9	0,41 kW	11	0,6	2,67 kW	11	0,6	2,67 kW	11	0,6	2,67 kW	11	0,6	2,67 kW	11	0,6	2,67 kW	11	0,6	2,67 kW	11	0,2	0,89 kW	11	0,2	0,89 kW			
Switching & Routing	19	230V MSB-B	1,74 kW	0,6	1,04 kW	19	0,8	15,85 kW	19	0,8	15,85 kW	19	0,8	15,85 kW	19	0,8	15,85 kW	19	0,8	15,85 kW	19	0,8	15,85 kW	19	0,7	13,87 kW	19	0,6	11,89 kW			
Servers	11	230V MSB-B	1,00 kW	0,7	0,70 kW	11	0,9	6,93 kW	11	0,9	6,93 kW	11	0,9	6,93 kW	11	0,9	6,93 kW	11	0,9	6,93 kW	11	0,9	6,93 kW	11	0,9	6,93 kW	11	0,9	6,93 kW			
TV Satellite Antennas	4	230V MSB-A	1,15 kW	1	1,15 kW	4	1	4,60 kW	4	1	4,60 kW	4	1	4,60 kW	4	1	4,60 kW	4	1	4,60 kW	4	1	4,60 kW	4	1	4,60 kW	4	1	4,60 kW			
Auditorium A/V	1	230V MSB-A	35,00 kW	0,8	28,00 kW	1	0,6	16,80 kW	1	0,6	16,80 kW	1	0,6	16,80 kW	1	0,6	16,80 kW	1	0,6	16,80 kW	1	0,6	16,80 kW	1	0,3	8,40 kW	1	0,2	5,60 kW			
General A/V	1	230V MSB-B	13,50 kW	0,8	10,80 kW	1	0,6	6,48 kW	1	0,6	6,48 kW	1	0,6	6,48 kW	1	0,6	6,48 kW	1	0,6	6,48 kW	1	0,6	6,48 kW	1	0,3	3,24 kW	1	0,2	2,16 kW			
ACCOMMODATION AND LIGHTING TOTAL								95,88 kW			95,88 kW			95,88 kW			95,88 kW			95,88 kW			95,88 kW			77,48 kW			64,52 kW			18,90 kW
NAVIGATION AND COMMUNICATION																																
Inmarsat-F	1	230V EMS	0,60 kW	1	0,60 kW	1	1	0,60 kW	1	1	0,60 kW	1	1	0,60 kW	1	1	0,60 kW	1	1	0,60 kW	1	1	0,60 kW	1	1	0,60 kW	1	1	0,60 kW			
SSAS system	1	230V EMS	1,50 kW	1	1,50 kW	1	1	1,50 kW	1	1	1,50 kW	1	1	1,50 kW	1	1	1,50 kW	1	1	1,50 kW	1	1	1,50 kW	1	1	1,50 kW	1	1	1,50 kW			
AIS system	1	230V EMS	0,15 kW	1	0,15 kW	1	1	0,15 kW	1	1	0,15 kW	1	1	0,15 kW	1	1	0,15 kW	1	1	0,15 kW	1	1	0,15 kW	1	1	0,15 kW	1	1	0,15 kW			
Typhoon	1	230V EMS	5,50 kW	1	5,50 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	0,1	0,55 kW			0,00 kW	1	0,1	0,55 kW			0,00 kW	1	1	5,50 kW			
VDR system	1	230V EMS	0,35 kW	1	0,35 kW	1	1	0,35 kW	1	1	0,35 kW	1	1	0,35 kW	1	1	0,35 kW	1	1	0,35 kW	1	1	0,35 kW	1	1	0,35 kW	1	1	0,35 kW			
ECDIS system	1	230V EMS	0,30 kW	1	0,30 kW	1	1	0,30 kW	1	1	0,30 kW	1	1	0,30 kW	1	1	0,30 kW	1	1	0,30 kW	1	1	0,30 kW	1	1	0,30 kW	1	1	0,30 kW			
Magnetic compass system	1	230V EMS	0,10 kW	1	0,10 kW	1	1	0,10 kW	1	1	0,10 kW	1	1	0,10 kW	1	1	0,10 kW	1	1	0,10 kW	1	1	0,10 kW	1	1	0,10 kW	1	1	0,10 kW			
Sound signal reception system	1	230V EMS	0,24 kW	1	0,24 kW	1	1	0,24 kW	1	1	0,24 kW	1	1	0,24 kW	1	1	0,24 kW	1	1	0,24 kW	1	1	0,24 kW	1	1	0,24 kW	1	1	0,24 kW			
Log	1	230V EMS	0,10 kW	1	0,10 kW	1	1	0,10 kW	1	1	0,10 kW	1	1	0,10 kW	1	1	0,10 kW	1	1	0,10 kW	1	1	0,10 kW	1	1	0,10 kW	1	1	0,10 kW			
Radars	2	230V EMS	0,80 kW	1	0,80 kW	2	1	1,60 kW	2	1	1,60 kW	2	1	1,60 kW	2	1	1,60 kW	2	1	1,60 kW	2	1	1,60 kW	2	1	1,60 kW	2	1	1,60 kW			
GPS & DGPS navigators	1	230V EMS	0,15 kW	1	0,15 kW	1	1	0,15 kW	1	1	0,15 kW	1	1	0,15 kW	1	1	0,15 kW	1	1	0,15 kW	1	1	0,15 kW	1	1	0,15 kW	1	1	0,15 kW			
Echosounder	1	230V EMS	0,10 kW	1	0,10 kW	1	1	0,10 kW	1	1	0,10 kW	1	1	0,10 kW	1	1	0,10 kW	1	1	0,10 kW	1	1	0,10 kW	1	1	0,10 kW	1	1	0,10 kW			
Gyrocompass	1	230V EMS	0,30 kW	1	0,30 kW	1	1	0,30 kW	1	1	0,30 kW	1	1	0,30 kW	1	1	0,30 kW	1	1	0,30 kW	1	1	0,30 kW	1	1	0,30 kW	1	1	0,30 kW			
Autopilot	1	230V EMS	0,30 kW	1	0,30 kW	1	1	0,30 kW	1	1	0,30 kW	1	1	0,30 kW	1	1	0,30 kW	1	1	0,30 kW			0,00 kW			0,00 kW	1	1	0,30 kW			
Wind speed & direction measuring system	1	230V EMS	0,20 kW	1	0,20 kW	1	1	0,20 kW	1	1	0,20 kW	1	1	0,20 kW	1	1	0,20 kW	1	1	0,20 kW	1	1	0,20 kW	1	1	0,20 kW	1	1	0,20 kW			
Master clock	1	230V EMS	0,60 kW	1	0,60 kW	1	1	0,60 kW	1	1	0,60 kW	1	1	0,60 kW	1	1	0,60 kW	1	1	0,60 kW	1	1	0,60 kW	1	1	0,60 kW	1	1	0,60 kW			
GMDSS radio communication	1	230V EMS	2,50 kW	1	2,50 kW	1	1	2,50 kW	1	1	2,50 kW	1	1	2,50 kW	1	1	2,50 kW	1	1	2,50 kW	1	1	2,50 kW	1	1	2,50 kW	1	1	2,50 kW			
IACMS	1	230V EMS	1,00 kW	1	1,00 kW	1	1	1,00 kW	1	1	1,00 kW	1	1	1,00 kW	1	1	1,00 kW	1	1	1,00 kW	1	1	1,00 kW	1	1	1,00 kW	1	1	1,00 kW			
Search Light	3	230V EMS	1,00 kW	1	1,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	2	0,3	0,60 kW	2	0,3	0,60 kW			0,00 kW	3	1	3,00 kW			
Navigation Lights	1	230V EMS	1,20 kW	1	1,20 kW	1	1	1,20 kW	1	1	1,20 kW	1	1	1,20 kW	1	1	1,20 kW	1	1	1,20 kW	1	1	1,20 kW	1	1	1,20 kW	1	1	1,20 kW			
NAVIGATION AND COMMUNICATION TOTAL								11,29 kW			11,29 kW			11,29 kW			11,84 kW			11,89 kW			12,14 kW			10,99 kW			19,79 kW			
MISCELLANEOUS																																
Fire detection system	1	230V EMS	0,60 kW	1	0,600 kW	1	1	0,60 kW	1	1	0,60 kW	1	1	0,60 kW	1	1	0,60 kW	1	1	0,60 kW	1	1	0,60 kW	1	1	0,60 kW	1	1	0,60 kW			
PA system	1	230V EMS	6,72 kW	0,9	6,048 kW	1	0,5	3,02 kW	1	0,5	3,02 kW	1	0,5	3,02 kW	1	0,5	3,02 kW	1	0,5	3,02 kW	1	0,3	1,81 kW	1	0,2	1,21 kW	1	1	6,05 kW			
Magnetic telephones system	1	230V EMS	0,30 kW	1	0,30 kW	1	1	0,30 kW	1	1	0,30 kW	1	1	0,30 kW	1	1	0,30 kW	1	1	0,30 kW	1	1	0,30 kW	1	1	0,30 kW	1	1	0,30 kW			
Talk back	1	230V EMS	0,30 kW	1	0,30 kW	1	0,5	0,15 kW	1	1	0,30 kW	1	1	0,30 kW	1	1	0,30 kW	1	1	0,30 kW	1	1	0,30 kW	1	1	0,30 kW	1	1	0,30 kW			
Alarm & Monitoring System	1	230V EMS	6,00 kW	1	6,00 kW	1	1	6,00 kW	1	1	6,00 kW	1	1	6,00 kW	1	1	6,00 kW	1	1	6,00 kW	1	1	6,00 kW	1	1	6,00 kW	1	1	6,00 kW			
CCTV	1	230V MSB-A	1,20 kW	0,9	1,08 kW	1	1	1,08 kW	1	1	1,08 kW	1	1	1,08 kW	1	1	1,08 kW	1	1	1,08 kW	1	1	1,08 kW	1	1	1,08 kW			0,00 kW			
MISCELLANEOUS TOTAL								11,15 kW			11,30 kW			11,30 kW			11,30 kW			11,30 kW			10,09 kW			9,49 kW			13,25 kW			
BIG CONSUMERS REQUEST																																
Azimut thruster	2		350,00 kW	1	350,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	2	1	700,00 kW	2	0,3	210,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			
Bowthruster E-motor	2		419,00 kW	1	419,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW	2	1	838,00 kW	2	0,3	251,40 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			
BIG CONSUMER REQUEST TOTAL								0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			1538,00 kW			461,40 kW			0,00 kW			0,00 kW			0,00 kW			

ELECTRIC LOAD BALANCE																							WS C010 - WORLD EXPLORER						
Description	Tot Qty	Bus	Rating Each	Loading Factor	Avg. Power	Transit Full Speed			Transit 11-15 kn			Transit 5-11 kn			Manouvering			DP			Anchor			Berthed			Emergency		
						Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load	Qty	Duty Cycle	Total Connected Load
SHIP CONSUMERS																													
SHIP CONSUMERS TOTAL						1465,87 kW			1391,25 kW			1303,00 kW			1336,87 kW			1420,58 kW			1176,92 kW			863,85 kW			410,84 kW		
SHIP CONSUMERS + BCR						1465,87 kW			1391,25 kW			1303,00 kW			2874,87 kW			1881,98 kW			1176,92 kW								
Load Connected to 400V MSB-A						710 kW			669 kW			654 kW			658 kW			687 kW			580 kW			496 kW			0 kW		
Load Connected to 400V MSB-B						596 kW			563 kW			489 kW			501 kW			575 kW			466 kW			252 kW			0 kW		
Load Connected to 230V MSB-A						58 kW			58 kW			58 kW			58 kW			58 kW			43 kW			36 kW			0 kW		
Load Connected to 230V MSB-B						52 kW			52 kW			52 kW			52 kW			52 kW			45 kW			41 kW			0 kW		
Load Connected to 400V EMS						28 kW			27 kW			27 kW			45 kW			24 kW			21 kW			18 kW			358 kW		
Load Connected to 230V EMS						22 kW			22 kW			22 kW			23 kW			23 kW			22 kW			20 kW			53 kW		